

## Biocontroller Activity Macromycetes

### Aurora Castillo Laguna

Autonomous University of Guerrero. Academic Unit of Biology and Chemistry Sciences. Avenida Lázaro Cárdenas S/N Colonia La Haciendita Chilpancingo, Guerrero, Mexico, C.P. 39090

### Deyanira Rodriguez Saldaña

Autonomous University of Guerrero. Academic Unit of Biology and Chemistry Sciences. Avenida Lázaro Cárdenas S/N Colonia La Haciendita Chilpancingo, Guerrero, Mexico, C.P. 39090

### Carlos Abed Martinez Zambrano

Autonomous University of Guerrero. Academic Unit of Biology and Chemistry Sciences. Avenida Lázaro Cárdenas S/N Colonia La Haciendita Chilpancingo, Guerrero, Mexico, C.P. 39090

### Jose Emmanuel Colchero Morales

Autonomous University of Guerrero. Academic Unit of Biology and Chemistry Sciences. Avenida Lázaro Cárdenas S/N Colonia La Haciendita Chilpancingo, Guerrero, Mexico, C.P. 39090

### Dolores Vargas-Álvarez

Autonomous University of Guerrero. Academic Unit of Biology and Chemistry Sciences. Avenida Lázaro Cárdenas S/N Colonia La Haciendita Chilpancingo, Guerrero, Mexico, C.P. 39090.

Email corresponding: dvargas@uagro.mx

### ABSTRACT

Diseases caused by phytopathogens cause great damage in agricultural production and with it great economic losses. Today a wide variety of macromycetes are known capable of eliminating pests in a crop without having to use agrochemicals, which we know are harmful to the soil and the environment, however thousands of tons of agrochemicals are applied annually throughout the world. Given the need to establish a control system that is more environmentally friendly, and given the need to mitigate this damage, various studies have shown that some macromycetes are a potential source of antifungal compounds that could be used to control these diseases. Therefore, the objective of this review is to collect information on macromycetes that present biocontroller activity, among which are the genera *Xylaria*, *Agrocybe*, *Psilocybe*, *Stereum*, *Pycnoporus sanguineus*, *lentinus crinitus*, *Cordyceps*, *Hymenostilbe* and *Tolypocladium cylindrosporum* on different phytopathogenic fungi.

**Keywords:** Macromycetes, biocontroller, diseases, phytopathogens, agriculture.

## INTRODUCCIÓN

Los macromicetos son un grupo de macrohongos muy diversos, se componen de dos subdivisiones, los basidiomicetos y los ascomicetos, alrededor del 32% corresponden a hongos Basidiomicetos. Se encuentran principalmente en lugares donde hay material orgánico en descomposición y agua, con una temperatura de 10-25°C, tienen un ciclo celular que implica a formación de esporangios sexuales. Presentan enzimas antioxidantes y laringolíticas que logran degradar compuestos aromáticos, una vez el hongo que las excreta los esporangios, logra crecer en presencia de un sustrato recalcitrante. Así mismo tienen aplicaciones biotecnológicas, como la producción de enzimas, degradación de contaminantes, blanqueamiento textil y producción de nuevos fármacos (1). Los macromicetos han demostrado tener características que los hacen útiles para la biorremediación, así como para el tratamiento de aguas residuales, la producción de diversos metabolitos, actividad biocontroladora, etc. Su uso se extiende a la producción de alimentos, psicoterapéutica y medicinal gracias a su valor nutricional que exhiben por su alto contenido de carbohidratos, proteínas, aminoácidos libres, vitaminas, minerales esenciales (2).

Derivado de lo anterior el objetivo de la presente revisión es recopilar información sobre macromicetos que presenten actividad biocontroladora contra ciertos agentes fitopatógenos, ya que pueden ser una fuente potencial de compuestos bioactivos, mayormente son metabolitos secundarios con actividad antifúngica, dichos metabolitos presentan una distribución taxonómica restringida y su biosíntesis está condicionada por factores físicos, químicos y ambientales (3).

## METODOLOGÍA

Para llevar a cabo la presente revisión bibliográfica, se inició con la búsqueda de artículos en distintas fuentes de información, apoyándonos en diferentes plataformas como son SciELO, Google Académico, Redalyc en las cuales buscamos temas y subtemas relacionados al nuestro con una vigencia de publicación no mayor de 5 a 10 años, se han descargado 73 artículos, la información que recolectamos como equipo fue revisada, algunos de ellos fueron descartados por nuestra asesora ya que no contaban con información relacionada a nuestro tema, teniendo hasta el momento 40 artículos. Una vez seleccionados los artículos se procedió a la redacción del índice para iniciar con nuestro escrito.

## GENERALIDADES DE LOS MACROMICETOS

Los hongos son sumamente variables y polimorfos con ello es difícil generalizar su morfología. Las comunidades microbianas del suelo presentan un papel importante en la mediación de los procesos del ecosistema, estas interacciones ecológicas y fisiológicas entre los organismos, están determinadas por factores bióticos y abióticos. Las plantas han desarrollado diferentes adaptaciones para contrarrestar sus limitaciones nutricionales, estrés hídrico, resistencia a patógenos o contaminantes (4). Los macromicetos constan de dos partes: una difusa, subterránea y vegetativa, que se denomina micelio, y otra visible, de aparición esporádica y con función reproductora que es el carpóforo o seta. En cuanto a la morfología, presentan filamentos con aspecto de hilos llamados "Hifas", dando formas y colores características de cada especie, el estudio de estos hongos se realiza en base de carpóforos. Todas las hifas forman el cuerpo de un hongo llamado "Micelio" representando el cuerpo fundamental del hongo y puede parecerse mucho a la raíz de una planta tiene

diferente nutrición y composición química. El micelio y las setas que produce no contienen clorofila como las plantas, tampoco contienen celulosa, siendo su componente estructural principal la quitina. Al crecer formará una seta adulta que producirá esporas y su reproducción es a través de estas. Los hongos que poseen basidios se les llama basidiomicetos, los hongos cuyas esporas se forman en el interior de unas células con forma cilíndrica o de saco que se llaman ascas y a los hongos que presentan ascas se les denomina ascomiceto. En una seta madura las esporas van cayendo en gran cantidad gracias a el viento, los insectos, la lluvia, etc. las pueden transportar a gran distancia ya que son de tamaño microscópico y de peso ínfimo. En cuanto a las estructuras más sobresalientes de un macromiceto se tiene el píleo, que es la parte superior del cuerpo del hongo, en la que su mayor característica es que encuentra la porción fértil llamada himenóforo y que presenta variaciones morfológicas; un pie denominado estípite, que sostiene al píleo, y el anillo, que se presenta como una estructura adherida al estípite en el grupo de los agaricales, es un fragmento del velo que cubre al himenóforo en desarrollo. No en todas las especies de macromicetos se encuentran todas estas partes, pero es importante conocerlas en su totalidad para poder identificar otras características más específicas. La forma del píleo puede ser arqueado, recurvado, levantado, recto, curvado, incurvado, enrollado y nos permite reconocer hongos de diferentes grupos taxonómicos. Hay una gran variedad de formas con y sin estípite (5).

Su alimentación se puede clasificar en 3 grupos: A. Saprófitos o saprobios, que se nutren a partir de la descomposición de la materia orgánica muerta o inerte, dependiendo de la especie de hongo podremos encontrar especies terrestres pratícolas (en prados o pastos), o forestales (suelo de bosques), lignícolas (sobre madera), fímícolas (sobre excrementos o estiércol), o sobre sustratos de lo más diverso (hojas, piñas, frutos, etc.). B. Parásitos, que serán los 3 hongos que viven a expensas de otros seres vivos, animales, vegetales u otros hongos, dependiendo de las situaciones algunos hongos saprófitos pueden actuar como parásitos o viceversa y C. Simbiontes, que se asocian a otros seres vivos sacando provecho de esta asociación ambas partes. La simbiosis más frecuente la desarrolla el micelio de los hongos con las raíces de las plantas, denominándose a esta simbiosis Micorriza (6).

### **Macromicetos Y Su Impacto Ambiental**

Los hongos, como descomponedores de materia orgánica participan en los procesos de reciclamiento de los elementos naturales, en la conservación y formación del suelo, manteniendo el equilibrio de los ecosistemas naturales por sus relaciones con otros organismos (7). El control biológico, puede ser más estable durando más tiempo que otros métodos de control por su compatibilidad en los conceptos de un control integrador con una agricultura sostenible, logrando así ser más seguro para humanos, cosechas y medio ambiente. Los hongos son de gran interés para las empresas e investigación por su papel en el control de plagas y enfermedades de cultivos sin dañar el medio y la salud (8).

Más de 3000 especies están distribuidas en 31 géneros que son considerados como hongos comestibles primarios. De las 14.000 especies conocidas de hongos que son producidas a nivel industrial, 650 son medicinales con una amplia variedad de beneficios para la salud, pero solo 10 especies de estas son cultivadas a escala comercial. Alrededor del 10% de las especies conocidas pueden llegar a poseer componentes venenosos y 30 especies son

consideradas letales. Los Basidiomicetos son utilizados, por ejemplo, para lograr la conversión de residuos de la agroindustria en biomasa, el sustrato empleado en la producción de hongos es usado como fertilizante orgánico esto llevó al desarrollo del reciclamiento ecológico, o enzimas, que son empleadas para procesos de blanqueamiento o en la biodegradación de contaminantes xenobióticos. Aquellos residuos o desechos lignocelulósicos generados en la industria agrícola son utilizados como alimento para rumiantes, sin embargo, su contenido nutricional es bastante bajo, lo que puede ser mejorado con el uso de basidiomicetos al utilizar el sustrato donde estos son cultivados como alimento para ganado. Esto demuestra que de igual manera los macromicetos pueden ser empleados para dar valor agregado a materiales que son destinados naturalmente para la alimentación animal (1).

### **Macromicetos Que Presentan Actividad Biocontroladora**

Las enfermedades causadas por hongos microscópicos en las plantas son una gran preocupación en la producción agrícola, los macromicetos son una fuente potencial de compuestos antifúngicos que podrían usarse para controlar estas enfermedades ya que son importantes no solo por la función esencial que desempeñan en el ciclo de los nutrientes como degradadores de materia orgánica, como patógenos o simbiontes mutualistas, sino también como recursos forestales no maderables de importancia social y económica (9). Aunque los macromicetos constituyen uno de los grupos taxonómicos en extremo diversos, el conocimiento que se tiene sobre su riqueza y diversidad a nivel local es muy escaso. Se estima que en México existen entre 140,000 y 200,000 taxa de hongos, mientras que en el mundo su número supera el 1,500,000. Aproximadamente 10% de ellos son macromicetos y el resto micromicetos (10). Los hongos son capaces de descomponer los componentes de la madera, dividiéndose en tres grupos, según su morfología: hongos blancos, pardos y de degradación leve. Los hongos blancos de degradación descomponen los tres componentes de la madera: lignina, celulosa, hemicelulosa a velocidades similares. Esta capacidad se debe a que producen varios extracelulares, enzimas lignocelulolíticas, principalmente lacasas, peroxidasa de manganeso y peroxidases versátiles, pudiendo actuar sobre varios compuestos xenófobos con características lignolíticas. En comparación con el sistema enzimático de muchos microorganismos, solo el ataque del hongo blanco degradante por oxidante enzimático específico es capaz de causar mineralización por el proceso co-metabólico del núcleo aromático del anillo C-TNT, que genera CO<sub>2</sub> y biodegradación de compuestos nitroaromáticos en agua roja tal como el género de hongo blanco *Psilocybe* (11). La alteración de los sistemas forestales se basa en la relación del porcentaje de especies micorrizogénicas en relación con el porcentaje del total de macromicetos. Si el número de peatones, automóviles, edificios, cultivos y casas crece día a día en una zona boscosa, indica un latente presión antropogénica y posible alteración del medio ambiente (12).

### ***Xylaria***

*Xylaria* es un género de hongos en la familia *Xylariaceae*, y es la mejor representada en el país, con más de 300 especies, aunque es importante mencionar que recientemente esta familia fue segregada en tres familias: *Hypoxylaceae*, *Graphostromataceae* y *Xylariaceae*. Se caracteriza por presentar estromas carbonosos, erguidos, simples o ramificados, y por las esporas de color café oscuro a negras cuando maduras. Es frecuente colectarlos asociados a árboles en descomposición. *Xylaria* posee enzimas ligninolíticas de gran importancia biotecnológica, debido a que pueden degradar una gran cantidad de compuestos de estructura aromática, ya

que estas enzimas son inespecíficas y son excretadas por el hongo ante la presencia del sustrato recalcitrante como única fuente de carbono. Es utilizado como un biorremediador e indicador de bioacumulación de sustancias tóxicas en los ecosistemas, ya que sus micelios captan iones y compuestos presentes en el sustrato de crecimiento para luego acumularlos en los tejidos del cuerpo fructífero, de esta manera la cosecha y el análisis químico de estos tejidos permite monitorear la residualidad de xenobióticos y sustancias radioactivas en la cadena trófica. Hasta el momento no se ha masificado el cultivo de macromicetos para retirar sustancias tóxicas del suelo debido a que tienen una baja tasa de fructificación y crecimiento. (13). Se ha demostrado que *Xylaria* presenta actividad antibacteriana contra *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* y *Bacillus cereus*, así mismo se demostró que inhibe el crecimiento de *Candida tropicalis*. Un análisis por cromatografía gaseosa acoplada a espectrometría de masas permitió identificar dioctildifenilamina como el compuesto mayoritario común de todos los morfotipos de *Xylaria*, el cual podría ser responsable de la bioactividad observada en este género (14).

Cuando un suelo es rico en nutrientes (carbono y nitrógeno) y lo requieren tomar un macromiceto biocontrolador como *Xylaria kretzschmarioidea* y una bacteria que de igual forma crecen en material orgánico como *Escherichia coli*. Al requerir el mismo sitio hay una ocupación por uno de ellos, en este caso el controlador impidiendo la colonización de uno y de otro (de la bacteria) (15).

*Xylaria spp.* Es un hongo biocontrolador que ejerce dicha acción mediante la antibiosis que es la producción de sustancias como metabolitos secundarios o antibióticos que son capaz de afectar el desarrollo de otras poblaciones por medio de la competencia por nutrientes o por medio de la inducción de la resistencia sistémica en la planta, donde el agente biocontrolador activa el sistema de resistencia para prevenir que los patógenos puedan afectar su desarrollo (16). Se han descubierto en *Xylaria spp*, nuevos compuestos y de características únicas como lo son: lactonas, sesquiterpenoides, xilaramida, xilarina, xiloquetales, globoscina y maldoxina, entre otros; la mayoría de los cuales presentan actividad antifúngica, como, por ejemplo, contra el fitopatógeno Nematos poracoryli (17). *Xylaria* se distingue por tener un estroma cilíndrico y estipitado, o bien peltado o pulvinado, las formas peltadas o pulvinadas manifiestan su identidad genérica de producir el anamorfo en cultivo, mismo que se caracteriza por la producción de un estroma conidial erecto, sus peritecios por lo regular se confinan a la parte superior del estroma, la forma de los ostiolas varía dependiendo de la especie y puede ser hemisférica a umbilicada, las ascas son cilíndricas con un anillo apical amiloide que por lo regular es casi rectangular, las ascosporas son subhialinas a casi negras; usualmente presentan una línea germinal recta, sigmaoide o espiralada, que puede ser corta o correr a todo lo largo del propágulo, la línea germinal se localiza ventralmente. Tanto en cultivos puros como en la naturaleza, los hongos del género *Xylaria* producen un estroma anamórfico en cuyo ápice y a los lados muestran conidióforos en empalizada que forman conidios hialinos, elipsoides u obovoides. Los conidios se generan holoblasticamente y en secuencia simpodial. Algunas especies de *Xylaria*, que son habitantes del suelo asociadas con artrópodos, producen un anamorfo totalmente diferente, caracterizado por células conidiógenas fuertemente geniculadas o palmadas y conidios de forma globosa a subglobosa, tal grupo de taxa terrestres de *Xylaria*, así como otros que sólo crecen sobre restos de frutos y hojas, ameritan un estudio profundo para clarificar su taxonomía, sus relaciones con el

substrato y con aquellas especies que crecen sobre troncos y ramas muertas. Los hospedantes del género no se conocen bien, debido a la dificultad para identificarlos por la avanzada descomposición en que se encuentran la mayoría de ellos al momento de la recolecta, así como a las escasas combinaciones de micólogos y botánicos, o micólogos y entomólogos trabajando sobre el tema. La excepción al problema de la identidad de hospedante la constituyen restos de frutos con estromas de *Xylaria*, que por lo regular se localizan abajo o a poca distancia de las plantas que los produjeron y muchas veces tienen formas características, no obstante, su alto grado de descomposición (18). Tiene gran importancia para la silvicultura, pues muchos de los árboles, principalmente las coníferas, tienen la necesidad obligatoria de asociarse con hongos como este que les proporcionen los medios apropiados para una buena absorción de nutrientes. Deberían de ser tomadas en cuenta en los programas de reforestación (19). En la biosíntesis de los metabolitos secundarios inicia durante la fase estacionaria del crecimiento del hongo, cuando este entra en estado de estrés debido a la disminución de nutrientes, estos compuestos no son esenciales para la vida del hongo, pero si para su supervivencia. *Xylaria* ha demostrado una gran producción de biomasa para atacar a los hongos fitopatógenos como *F. oxysporum*, *Colletotrichum sp.* y *M. roreri*, que atacan a los cultivos principalmente, se cree que los metabolitos biosintetizados por este hongo *Xylaria*, de los ácidos grasos, compuestos ya reportados con actividad antifúngica, posicionándolo como un potencial biocontrolador de enfermedades de cultivos de interés agrícola. *Xylaria poitei* agente biocontrolador, es capaz de inhibir el crecimiento micelial del oomiceto *Phytophthora capsici* y reduce la mortandad de plántulas causada por este fitopatógeno. Esto posiblemente se debe a un factor liberado en el medio de cultivo que es inducido por la presencia del oomiceto cuando ambos son confrontados. La inoculación de *X. poitei* incrementan ligeramente la inhibición del crecimiento de *P. capsici*, y entre ambos ascomicetos no existe una clara actividad de inhibición. La actividad inhibitoria de *X. poitei* sobre el micelio del fitopatógeno es estimulada por la presencia de este último. Lo anterior puede considerarse como una respuesta activa de *X. poitei* a la presencia de otro microorganismo. Indica que el ascomiceto produciría algún antibiótico al percibir la presencia de *P. capsici*. (20).

### ***Agrocybe***

*Agrocybe* es un género de hongos basidomicetos de la familia *Strophariaceae*, tiene 21 especies reconocidas científicamente. *Agrocybe aegerita* es un hongo silvestre comestible que fue consumido por antiguas civilizaciones como Grecia, Roma y algunas culturas orientales, las cuales lo apreciaron por su sabor agradable al paladar, es una especie potencialmente cultivable artesanalmente, lo que puede permitir que sea utilizado para autoconsumo y comercialización, tiende a tener un pH ácido, crece sobre madera de árboles muertos y vivos y desarrolla carpóforos grandes, de colores claros y carnosos. Además, posee hifas con fibras y esporas con poro germinativo, angostas y no truncadas o moderadamente amplias y truncadas. En México, es conocido como hongo negro del álamo, sus nombres comunes son *Piopparello* y *Pioppino* (21). *Agrocybe aegerita*, sus setas tienen muchos enemigos que repelen con toxinas como ageratina, se cultiva en el sur de Europa, Asia y EE. UU., Entre otros, y es apreciado como un excelente comestible.

La ageratina es una ribotoxina, es decir, ataca a los ribosomas, las fábricas de proteínas en las células. Allí, la toxina detiene la síntesis de proteínas, lo que finalmente conduce a la muerte

celular, logrando así ser un excelente biocontrolador. Sin embargo, la secuencia génica que permite la producción de ageratina en *Agrocybe aegerita* difiere significativamente de las variantes de ribotoxina. Por lo tanto, representa un nuevo tipo de toxina fúngica: la primera ribotoxina de un hongo agárico comestible. La ageratina es altamente tóxica para las larvas del mosquito de la fiebre amarilla; El nivel de toxicidad depende de la actividad de la ribonucleasa. Debido al efecto específico de la especie, podría ser factible utilizar la toxina fúngica para desarrollar un agente mosquicida biológico. Por lo tanto, el desarrollo de un insecticida biológico a base de ageratina ofrece posibilidades innovadoras para el futuro. La toxina se produce dentro del cuerpo fructífero de *Agrocybe aegerita* como lo revela el análisis de los genes productores de ageritina. Por tanto, es probable que la ageratina sea parte de la estrategia de supervivencia del hongo. La producción de la toxina protege los órganos reproductores del hongo de los animales que se alimentan de ellos. Lo que sigue en cuestionamiento es como el hongo *Agrocybe aegerita* se protege de ser envenenado por su propia toxina, la ageritina (22).

### ***Psilocybe***

Es considerado un hongo tóxico y alucinógeno. Presentan enzimas que tienen diferentes aplicaciones biológicas, como enzimas antioxidantes y enzimas lignolíticas (23). A este género de macrohongo se le ha reportado compuestos como péptidos, enzimas líticas y polisacáridos con actividad antifúngica, antibacteriana y nematicida. *Psilocybe* es un género de hongos de la familia *Strophariaceae*. Se han identificado alrededor de 350 especies y se encuentran distribuidas en todos los continentes excepto Antártida, puede adaptar a agroecosistemas. Se estima que al menos 116 especies del género son hongos psilocibios. El género *Psilocybe* es capaz de degradar compuestos recalcitrantes aun siendo estos con una estructura muy estable químicamente, al igual que lignina, pero no se ha definido edad del inoculo fúngico para obtener una degradación más eficaz. Un crecimiento biomasa y un sistema enzimático activo, permite el crecimiento del hongo en el suelo, tiende a tener un pH ácido. Sus características químicas que presentan enzimas antioxidante o enzimas lignolíticas y nutricionales del *Psilocybe* pueden modificarse según el tiempo y las condiciones de su almacenamiento (24), (25). El género contiene 144 especies identificadas, entre ellas 81 son psicoactivo. *P. cubensis* es uno de los hongos más fáciles para cultivar y tiene efectos muy poderosos como alucinógeno, con la posibilidad de causar un brote psicótico (26). Presenta su actividad biocontroladora con las enzimas y tiene las necesarias para la degradación de moléculas más complejas cuando se disminuye la disponibilidad de glucosa, esto ocurre en la fase estacionaria y de declive (27). Su mayor producción de biomasa contra la actividad de desarrollarse hongos fitopatógenos como *F. oxysporum*, *Colletotrichum sp.* y *M. roreri*, se debe a los metabolitos biosintetizados por este hongo, de los ácidos grasos, compuestos ya reportados con actividad antifúngica, posicionándolo como un potencial biocontrolador de enfermedades de cultivos de interés agrícola (28), (29).

### ***Stereum***

A este macrohongo se le han reportado enzimas líticas que son: quitinasa, lacasa, celulasas, hemicelulasas, proteasas, peroxidases, entre otras. Cuentan con las enzimas específicas que le permiten degradar más eficientemente los sustratos (3). Genero *Stereum* asociado a madera en descomposición, es de la familia *Stereaceae* (12). Tiene una gran presencia en la sierra madre occidental y dicha zona cuenta con altas cantidades de materia orgánica, en la que el

el mismo hongo interviene para llevar el reciclaje de esta, al igual que contribuye en el ciclo de nutrientes con la absorción y asimilación de nitrógeno y fósforo, esto favorece a que su asimilación por las plantas sea más eficiente. La especie que se encuentra en la sierra madre son *gausapatum* y *ostrea* del género *stereum*, el hábito es saprobio en ambos y ninguna de las dos son comestibles (30), (31). Como mencionamos cuenta con exoenzimas oxidativas que son las responsables en degradar compuestos xenobióticos y reducir contaminantes derivados de la industria del papel. Estas enzimas pertenecen al grupo de las peroxidases ligninolíticas. Las investigaciones recientes muestran una clara acción biológica del micelio puesto en contacto con los residuos contaminantes, o el uso del micelio inmovilizado en soportes sintéticos o naturales con mecanismos de retroalimentación. (32), (33). Con las enzimas que contiene se ha demostrado que puede degradar los desechos de la industria de pulpa (34).

### ***Pycnoporus Sanguineus Y Lentinus Crinitus***

Estudios recientes han demostrado que los géneros *Pycnoporus sanguineus* y *lentinus crinitus* presentan actividad biocontroladora contra el género *Fusarium*, el cual causa grandes daños a los cultivos agrícolas. Se realizaron ensayos in vitro de extractos de *P. Sanguineus* y *L. Crinitus*, los aislados de *P. Sanguineus* presentaron mayor efecto inhibidor sobre la germinación de conidios y esclerocios, ambos hongos producen metabolitos que puede actuar para inhibir de manera sinérgica el crecimiento de *Fusarium*. *P. Sanguineus* y *L. Crinitus* tienen un gran potencial del cual se podría desarrollar tecnología que utilice estos extractos como alternativa al combatir los fitopatógenos nocivos para los cultivos (35). *Pycnoporus sanguineus* cuenta con sustancias producidas por el mismo hongo presentando actividades biológicas antivirales, antioxidantes, antifúngicas, antibacterianas y antiparasitarias. Sin embargo, la característica más sobresaliente de este género es su capacidad para producir la caza extracelular con alto potencial redox, lo que le confiere diversas aplicaciones en sectores de la biotecnología verde y blanca ha demostrado ser una eficiente opción para el control biológico de fitopatógenos causantes de diversas enfermedades en cultivos vegetales, los extractos acuosos y metanólicos de *P. sanguineus* también se usan como agentes de biocontrol contra hongos de los géneros *Trametes*, *Lentinus*, *Microsporus*, *Gloeophyllum* y *Eariella*, los cuales dañan a los árboles de caucho y causan pérdidas económicas (36).

### ***Cordyceps***

El género *Cordyceps* es muy común en varios países y se presentan por lo regular en muchos tipos de ecosistema, pero la gran mayoría de las especies habitan en los bosques tropicales y más si estos son extensos, primarios y lluviosos (37). La pared celular de *Cordyceps* está constituida por un 80% de polisacáridos, del 3 al 20% de proteínas, lípidos, pigmentos y sales inorgánicas en cantidades menores. Son entomopatógenos y pueden producir epizootias en arácnidos y en insectos. Este género tiene más de 500 especies en todo el mundo, y en México se conocen 15 especies de las cuales 11 son entomopatógenas y cuatro parasitan hongos del género *Elaphomyces* (38). En su historia como agente biocontrolador, se ha demostrado su actividad en el gusano de seda, el proceso implica la adhesión de la espora a la cutícula, seguida por la germinación, penetración a los órganos, y la diseminación interna por todo el cuerpo para manipular el comportamiento del insecto y por último colapsar su sistema inmune, lo que ocasiona su muerte poco tiempo después. Podría decirse que, durante este lapso, se puede involucrar la producción de metabolitos secundarios, los órganos internos del

patógeno son prácticamente degradados, finalmente, el hongo emerge al exterior del cadáver del insecto dando lugar a los cuerpos fructíferos (39). Por lo tanto, el mecanismo biocontrolador de este hongo implica los procesos de adhesión, germinación, diseminación, penetración y después de 7 días de la invasión finalmente la muerte del insecto. Este hongo entomopatógeno se presenta constantemente en las poblaciones de sus hospederos y, a medida que este incrementa sus poblaciones, también se incrementa la población de los hongos entomopatógenos, desarrollando epizootias que representan un mecanismo de control natural de las poblaciones de hospederos (40). *Cordyceps bassiana* ha mostrado gran importancia para el control de agentes patógenos en el área agrícola y agropecuaria (41) (42). Naturalmente infecta artrópodos y es conocido por contener diferentes metabolitos con alta actividad metabólica por ello comenzó a ser objeto de estudio para la bioprospección de sus metabolitos, debido a similitudes morfológicas y filogenéticas con especies de *Cordyceps nidus* que son utilizadas en medicina tradicional (43). En África, tienen un efecto controlador significativo sobre las poblaciones de hormiga y seguramente también pueda actuar sobre otros miembros de la fauna como un insecto fitopatógeno que se conoce comúnmente como pulgón, este debilita las plantas al succionar la savia para alimentarse y también otras generan daños a las personas que se dedican a la agricultura al momento de la cosecha (44). En selvas del piedemonte amazónico de Colombia también se ha mostrado el hongo entomopatógeno del género *Cordyceps* actuando de la misma manera que en África esto quiere decir que le favorece el clima tipo cálido húmedo (45).

### ***Hymenostilbe***

El uso de insecticidas da lugar a insectos resistentes, muerte a enemigos naturales y contaminación del ambiente. En los últimos años se desarrollan investigaciones para buscar nuevos medios de lucha biológica contra insectos, como parasitoides, depredadores y microorganismos entomopatógenos. Los hongos entomopatógenos son estudiados en todo el mundo, existiendo más de 700 especies reunidas en 100 géneros. La especie *Hymenostilbe dipterigena* que parasita a la mosca de la fruta, la especie *Hymenostilbe formicarum* parasita a hormigas. De igual forma la especie *Hymenostilbe muscaria* parasita a moscas comunes, la especie *Hymenostilbe dipterigena* ataca a la familia *Tephritidae*, la especie *Hymenostilbe formicarum* ataca a hormiga *camponotus*, la especie *Hymenostilbe muscaria* ataca mosca y la especie *Hymenostilbe species* ataca la familia *Gryllidae* (46). Es un hongo entomopatógeno de igual forma empleado en el control biológico provocando infecciones fungosas a poblaciones de artrópodos (47). Estas especies logran matar a estos insectos por ser biocontroladoras; El primer paso de este proceso se llama adhesión y es cuando una espora o fragmento con la capacidad de formar una colonia, aterriza y se adhiere a un huésped adecuado, si las condiciones de humedad y temperatura son óptimas la unidad germina y empieza a crecer, generando presión en el interior del insecto, a su vez el hongo va liberando enzimas que degradan la capa más externa y dura de los insectos que se conoce como cutícula. La actividad patógena este hongo entomopatógeno depende de la capacidad de su equipo enzimático; las quitinasas degradan el carbohidrato quitina, las enzimas proteasas degradan proteínas del insecto. El sistema inmunológico del insecto se defiende contra el hongo, pero este cambia su estructura para pasar desapercibido, produciendo la muerte, al final el hongo se reproduce (34).

### ***Tolypocladium Cylindrosporum***

Este género se estableció en el año de 1971 por Gams y para esto se tuvieron que aislar otros diez hongos que procedían de Europa. En un principio, Gams describió tres especies en este nuevo género: *T. inflatum*, *T. cylindrosporum* y *T. Barron* atribuyó a este género otras dos especies aisladas de rotíferos *T. parasiticum* y *T. trigonosporum*. Ha sido recientemente clasificado en la familia *Ophiocordycipitaceae*, dentro del orden *Hypocreales*. La mayoría de las especies de este género habitan en el suelo. Tienen gran presencia en zonas donde hace frío, pues la temperatura en que se sienten cómodos para su crecimiento es para todas las especies en torno a los 20 °C, y la mínima se sitúa en los 5 °C. *T. cylindrosporum* fue aislado en California de un mosquito, *Aedes sierrensis* y después en Nueva Zelanda de *Aedes australis*. De hecho, se han encontrado alrededor de 19 especies de mosquito susceptibles a este hongo, incluyendo géneros como *Aedes*, *Culex*, *Culiseta* o *Anopheles*. Todos ellos de gran interés por la relación que guardan con la transmisión del *Plasmodium* que produce la malaria. También se han encontrado otros artrópodos susceptibles a *T. cylindrosporum*, entre los que destacan otros dípteros terrestres y acuáticos, *lepidópteros*, algunos crustáceos como *Daphnia carinata* o *Trigriopus*, e incluso garrafas de la familia *Argasidae*. El proceso de infección de *Tolypocladium* comienza con la adhesión de las esporas del hongo a la cutícula, o sea se refiera a la barrera exterior física que poseen sus hospedadores a los que infectará. La zona en que comienza este proceso de infección es diferente según el estado de desarrollo de los hospedadores. Estas esporas germinarán y atravesarán la cutícula, comenzando así la colonización de la víctima. Los conidios, que es su espora sexual, también pueden llegar a colonizar el espacio interior del hospedador utilizando para su entrada cavidades naturales como lo son las proximidades de la cavidad bucal y anal, ramificándose hasta alcanzar el espacio más adentro de estos insectos en donde se encuentran varios sistemas vitales para el artrópodo. Durante la infección *Tolypocladium* produce una serie de sustancias insecticidas que van a ayudar a terminar con el hospedador. Estas sustancias son diversas y entre ellas destacan las efrapeptinas y la tolypina, metabolitos que produce para descomponer algunos alimentos o sustancias químicas. De este modo, *T. cylindrosporum* se convierte en un excelente candidato para ser un controlador biológico (48). El *Tolypocladium cylindrosporum* es un antagonista natural de las larvas de mosquitos en América del Norte, Nueva Zelanda y Europa. También se ha informado que *Tolypocladium cylindrosporum* es un hongo entomopatógeno que ha sido estudiado como agente de control biológico contra insectos de varios órdenes (49). Este hongo con actividad biocontroladora al igual que mucho otros macrohongos con esta actividad tiene un nivel de actividad enzimática que es una herramienta de diagnóstico para la selección de un agente de control biológico eficiente. Tiene diferentes propiedades relacionadas con su patogenicidad, factores de virulencia y capacidad para penetrar la cutícula de insectos. Los complejos enzimáticos como los que catalizan la lipólisis, la proteólisis y la quitinolisis pueden estar implicados en esa penetrabilidad (50).

## DISCUSIÓN

Los macromicetos son una agrupación de carpóforos observados a simple vista con función esporífera. En base a estudios han mostrado tener actividad como control biológico de agentes fitopatógenos, así mismo tienen diversas aplicaciones biotecnológicas e industriales, como la degradación de contaminantes, producción de nuevos fármacos, biorremediación, aprovechamiento industrial y comercial. Por lo que existe un interés creciente en cultivarlos a nivel de laboratorio, abriendo las posibilidades a descubrir nuevos usos, dando solución a problemas reales y específicos (2).

Varias investigaciones científicas han comprobado que los macromicetos del género *Psilocybe* cuentan con enzimas lignolíticas y biomasa que le ayuda a actuar como agente fitopatógeno. Manuel Patiño y colaboradores, demostraron a través de cultivos in vitro que el género *Psilocybe* tiene efecto biocontrolador contra *Fusarium oxysporum*, este último causa enfermedades en muchas especies vegetales. Así mismo comprobaron que el género *Psilocybe* posee compuestos con actividad antifúngica en biomasa (20). Por otro lado, de acuerdo con Nara Ballaminut y cols., mediante ensayos evaluaron la colonización contra contaminantes recalcitrantes, al igual que la pérdida de materia orgánica, variación de pH, carbono orgánico, nitrógeno total, biomasa fúngica, comprobando así la actividad enzimática del género *Psilocybe*, dicho sistema enzimático activo permite el crecimiento del hongo en el suelo al igual que degrada contaminantes (24).

Se ha demostrado que el género *Stereum* también presenta actividad biocontroladora, Nora Mouso, y cols. del departamento de biodiversidad en la facultad de Ciencias Exactas y Naturales de Buenos Aires comprobaron que el género *Stereum* produce enzimas oxidativas como la peroxidasa manganeso y versátil que pueden degradar compuestos xenobióticos, esta capacidad degradativa fue estudiada en hidrocarburos aromáticos y en la reducción de contaminantes derivados de la industria del papel (33).

Todos los hongos con actividad biocontroladora muestran enzimas ligninolíticas, sin embargo, hay dos géneros que además de esto cuentan con características únicas. L. Sánchez Y L. Rubio Casas demostraron que el género *Agrocybe* produce ageritina, representando un nuevo tipo de toxina fúngica (22). Pineda-Insuasti y cols., confirmaron que *Pycnoporus sanguineus* cuenta con actividades biológica antivirales (36).

Los géneros *Cordyceps*, *Hymenostilbe* y *Tolypocladium cylindrosporum*, tienen el mismo mecanismo biocontrolador contra sus hospedadores. Ruiz Kunstmann y Juan Manuel en su investigación científica observaron que el hongo *Hymenostilbe* cuenta con este mecanismo, el primer paso se le llama adhesión, ya que las esporas del hongo *Hymenostilbe* se adhiere a la cutícula del huésped y logra degradar sus proteínas gracias a la quitinasa que posee (34). Denis Castro Bustos y cols., estudiaron el mismo procedimiento en el hongo *Cordyceps*, el segundo paso sería la germinación, esta sucede una vez que una espora del hongo *Cordyceps* ingresa en el interior del huésped, si este cuenta con condiciones de humedad y temperatura óptima, las esporas germinarán y atravesarán la cutícula, comenzando así la colonización de la víctima (40). Los últimos pasos en el proceso de infección de *Cordyceps*, *Hymenostilbe* y *Tolypocladium cylindrosporum* en el hospedador son diseminación y penetración. Noemí Herrero Asensio encontró una diferencia que tiene *Tolypocladium cylindrosporum* en estos últimos procesos, observó que producen metabolitos como efrapeptinas y tolypina que ayudan a descomponer sustancias que descomponen sustancias químicas complejas (48).

## CONCLUSIÓN

Entre los hongos que presentan actividad como agentes biocontroladores se encuentran los hongos del género *Agrocybe*, *Psilocybe*, *Stereum*, *Pycnoporus sanguineus* y *lentinus crinitus*, *Cordyceps*, *Hymenostilbe* y *Tolypocladium cylindrosporum*, *Xylaria*, siendo este último uno de los más utilizados, ya que es capaz de controlar un gran número de hongos fitopatógenos al

igual que compuestos xenobióticos. Así mismo, los hongos del género *Psilocybe* y *Stereum* poseen gran actividad biocontroladora de entomopatógenos, favoreciendo a la agricultura y el medio ambiente.

*Pycnoporus sanguineus* y *lentinus crinitus* presentan actividad biocontroladora contra el género *Fusarium*, el cual causa grandes daños a los cultivos agrícolas. El género *Agrocybe* produce toxinas para los animales que se alimentan de ellos como una especie de ataque para su supervivencia. *Xylaria*, y *Stereum* gracias a la actividad biocontroladora que poseen disminuyen el impacto de compuestos aromáticos recalcitrantes que son volcados al medio ambiente año tras año. *Hymenostilbey*, *cordyceps bassiana* y *tolypocladium* favorecen principalmente a la agricultura, ya que provocan infecciones fungosas a los artrópodos que atacan a los cultivos. Debido a la actividad biocontroladora que pueden presentar ciertos hongos, es importante seguir trabajando sobre esta línea de investigación, identificando más hongos que presenten la misma actividad, clasificándolos de ser posible en género y especie. Los macromicetos antes mencionados presentan actividad biocontroladora principalmente contra hongos fitopatógenos como: *Fusarium*, *Microporus*, *Trametes*, *Fusarium Oysporum*, *Colletotrichum sp*, *Moniliophthora roreri* *Gloeophyllum*, *Lentinu* y *Eariella*.

## References

1. Luz Stella Ramirez Aristizabal y Angela Maria Arango Londoño. Macromicetos: generalidades, desinfecciones y cultivo in vitro. [internet]. [consultado el 19 de noviembre de 2021] Pp; 367-368. Disponible en: <https://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/17600>
2. J.E. Sanchez y G. Mata. Cultivo y aprovechamiento de macromicetos. Una tendencia global en crecimiento. [internet]. [consultado el 19 de noviembre de 2021] Pp; 367-368. Disponible en: [https://inecol.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1005/178/1/1826\\_2012-10499.pdf](https://inecol.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1005/178/1/1826_2012-10499.pdf)
3. . Manuel Patiño, Ivonne Jeannette Nieto Ramírez, Carolina Chegwin Angarita, Esperanza Torres Rojas. Actividad Biocontroladora in vitro de Macrohongos contra diferentes hongos fitopatógenos. [internet]2019. [consultado el 19 de noviembre de 2021] Pp; 265-271. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/abc/v25n2/0120-548X-abc-25-02-265.pdf>
4. Rodríguez-Gutiérrez, Roberto Garibay-Orijel, Beatriz Santiago-Morales y Roberto Lindig-Cisneros. Revista Mexicana de Biodiversidad. Manejo y aprovechamiento de recursos Comparación entre las abundancias de esporomas y ectomicorrizas del género *Laccaria* en Ixtlán de Juárez. [ internet]2020. [consultado el 08 de diciembre de 2021] Pp;2-9. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmbiodiv/v91/2007-8706-rmbiodiv-91-e913340.pdf>
5. Evangelina Pérez Silva, Teófilo Herrera, Adelaida Ocampo López. Nuevos registros de macromicetos para el municipio de Temascaltepec, Estado de México Autor para correspondencia. [consultado el 19 de noviembre de 2021] Pp; 1-5. Disponible en: Nuevos registros de macromicetos para el municipio de Temascaltepec, Estado de México (scielo.org.mx)
6. Resumen Julián Alonso. Conceptos básicos sobre los macromicetos. [ internet]. [consultado el 19 de noviembre de 2021] Pp; 25-32. Disponible en: [http://www.smlucus.org/UserFiles/Files/curso/1CONCEPTOS\\_BASICOS\\_SOBRE\\_MACROMICETOS\\_con\\_citas%281%29.pdf](http://www.smlucus.org/UserFiles/Files/curso/1CONCEPTOS_BASICOS_SOBRE_MACROMICETOS_con_citas%281%29.pdf)
7. Arecelei Pompa Gonzales, Elvira Aguirre Acosta, Ana Victoria Encalada Olivas, Angélica de Anda Jáuregui, Joaquín Cifuentes Blanco y Ricardo Valenzuela Garza. Los macromicetos del Jardín Botánico de ECOSUR “Dr. Alfredo Barrera Marín” Puerto Morelos, Quintana roo. [ internet]. [consultado el 19 de noviembre de 2021]

- Pp; 25-32. Disponible en:  
[https://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/versiones\\_digitales/Macromicetos.pdf](https://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/versiones_digitales/Macromicetos.pdf)
8. María Cristina Aviles Guzman y Gabriela Fernanda Granja Valle Identificación Morfica y molecular de hongos Microscópicos obtenidos en cultivos comerciales enfermos, en la región interandina centro-norte del ecuador. [ internet]2011-2012. [consultado el 19 de noviembre de 2021] Pp; 22-23. Disponible en: <https://1library.co/document/nzw51k0z-identificacion-morfologica-molecular-microscopicos-obtenidos-cultivos-comerciales-interandina.html>
  9. Gilberto Chávez León, Víctor Manuel Gómez Reyes y Marlene Gómez Peralta. Riqueza de Macromicetos del parque nacional barranca del Cupatitzio, Michoacán, México. [ internet]. [consultado el 19 de noviembre de 2021] Pp;74-76. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/cfm/v34n105/v34n105a4.pdf>
  10. Colección de Hongos del Herbario EBUM, Facultad de Biología, Universidad Michoacana, Instituto de Investigaciones Forestales, Universidad Veracruzana. [ internet]. [consultado el 19 de noviembre de 2021] Pp;61-66. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/sf/v48/2594-1321-sf-48-61.pdf>
  11. Cristiane Patrícia Kist, Claudio Eduardo Scherer, Marlene Soares, Marcio Barreto Rodrigues. Biodegradation of nitroaromatic compounds in Red Water by White rot fungi Pleurotus ostreatus and floridae. [ internet]2020. [consultado el 08 de diciembre de 2021] Pp;1-4. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/ambbiagua/a/8KDpf3fY6YLrgfjNrvMrLrC/?lang=en>
  12. Freddy Chanona-Gómez, Peggy Elizabeth Alvarez Gutiérrez, Yolanda del Carmen Pérez Luna. Macromycetes of the San José educational park, municipality of Zinacantan, Chiapas. [internet]2019. [consultado el 08 de diciembre de 2021] Pp;1-9. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/au/v29/2007-9621-au-29-e2127.pdf>
  13. Martha L. Ortiz-Moreno. Macromicetos en Zona Rural de Villavicencio. [internet]2010. [consultado el 08 de diciembre de 2021] Pp;125-126. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rori/v14n2/v14n2a02.pdf>
  14. Isabel Mogollón, Shailili Moreno, Teresa Iturriaga, Antonieta Taddei. ANÁLISIS QUÍMICO PRELIMINAR Y ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA DE LOS EXTRACTOS OBTENIDOS DE CUATRO ESPECIES DEL GÉNERO XYLARIA. [internet]2013. [consultado el 08 de diciembre de 2021] Pp;75-78. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/3236/323627689007.pdf>
  15. Edier Soto Medina y Ana Cristina Bolaños Rojas. XYLARIACEAE EN UN BOSQUE DE NIEBLA DEL VALLE DEL CAUCA (COLOMBIA). [internet]2013. [consultado el 08 de diciembre de 2021] Pp;344-347. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/racefn/v37n144/v37n144a06.pdf>
  16. Roberto Ulises Ramos-Sandoval, Juanita Guadalupe Gutiérrez-Soto, Raúl Rodríguez-Guerra, Sergio Manuel Salcedo-Martínez, Carlos Eduardo Hernández-Luna, Hugo Alberto Luna-Olvera, Juan Francisco JiménezBremont e Isidro Humberto Almeyda León, Antagonismo de dos Ascomicetos Contra Phytophthora capsici Leonian, Causante de la Marchitez del Chile (*Capsicum annuum L.*). [internet]2018. [consultado el 08 de diciembre de 2021] 78/Volumen 26, numero 2. Disponible en: <file:///C:/Users/ASUS/Downloads/Antagonismo%20de%20dos%20ascomicetos....pdf>
  17. Padilla Domínguez, A. Biocontrol del nemátodo del nudo (*Meloidogyne incognita*) por micoendófiticos aislados de sacha inchi (*Plukenetia spp*) en condiciones de laboratorio. [internet]2017. [consultado el 14 de marzo de 2021] Pp;60-66. <https://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/3542/AGRONOMIA%20-%20Amner%20Padilla%20Dom%C3%ADnguez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
  18. Emilio Portes Gil y Ave. Zeferino Fajardo. NOTAS SOBRE LA HISTORIA, RELACIONES DE HOSPEDANTE Y DISTRIBUCION DEL GENERO XYLARIA (PYRENOMYCETES, SPHAERIALES). [internet]. [consultado el 08 de diciembre de 2021] Pp;25-31. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/574/57403004.pdf>

19. José Luis Cifuentes Blanco. Macromicetos de la Cuenca del Río Magdalena y zonas adyacentes, Delegación la Magdalena. [internet]2007. [consultado el 08 de diciembre de 2021] Pp;60-66. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/883/88302511.pdf>
20. Arubi M. Becerril-Navarrete, Víctor Manuel Gómez-Reyes, Elvia Naara Palestina Villa, Rosario Medel-Ortiz. Nuevos registros de Xylaria (Xylariaceae) para el estado de Michoacán, México New records of Xylaria (Xylariaceae) for the state of Michoacán, Mexico. [internet]2018. [consultado el 08 de diciembre de 2021] Pp;1-7. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2594-13212018000200061](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2594-13212018000200061)
21. Claudia Andrade Martínez. Descripción de las características macroscópicas, de cultivo in vitro y producción de inóculo en paja y granos de trigo de Agrocybe aegerita (Brigant) Singer Informe de Tesis. [internet]2007. [consultado el 08 de diciembre de 2021] Pp;5-17. Disponible en: <https://biblioteca-farmacia.usac.edu.gt/Tesis/QB863.pdf>
22. L. SÁNCHEZ Y L. RUBIO CASAS. AGROCYBE ARVALIS, UNA INTERESANTE ESPECIE LOCALIZADA EN EL MONTSENY. [internet]2016. [consultado el 08 de diciembre de 2021] Pp;36. Disponible en: <file:///C:/Users/ASUS/Downloads/379921-Text%20de%20l'article-548831-1-10-20210126.pdf>
23. Manuel Patiño, Ivonne Jeannette Nieto, Carolina Chegwin y Esperanza Torres rojas. ACTIVIDAD BIOCONTROLADORA IN VITRO DE MACROHONGOS CONTRA DIFERENTES HONGOS FITOPATÓGENOS. [internet]2019. [consultado el 08 de diciembre de 2021] Pp;265-268. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/abc/v25n2/0120-548X-abc-25-02-265.pdf>
24. Nara Ballaminut y Dacio R. Matheus. Characterization of fungal inoculum used in soil bioremediation. [internet]2007. [consultado el 08 de diciembre de 2021] Pp;1-12. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/bjm/a/DVrbr4PFmqvzdzwYMC4ZT4jq/?lang=en>
25. Giraldo A. (2015). EVALUACIÓN DEL TRIPTÓFANO EN LA PRODUCCIÓN DE PSILOCIBINA EN EL CULTIVO SUMERGIDO DE Psilocybe sp. UNIVERSIDAD EAFIT [ Trabajo De Grado Para Optar Por El Título De Ingeniera De Procesos] [consultado el 8 de diciembre de 2021] Disponible en: [https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/8834/Adriana\\_GiraldoCampuzano\\_2015.pdf?sequence=2](https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/8834/Adriana_GiraldoCampuzano_2015.pdf?sequence=2)
26. Thiago Berti Kirsten y Maria Martha Bernardi. Acute toxicity of Psilocybe cubensis (Ear.) Sing., Strophariaceae, aqueous extract in mice. [internet]2010. [consultado el 08 de diciembre de 2021] Pp;1-5. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/rbfar/a/MwGxQcBdcph8WkdfcxJrwVt/?lang=en>
27. Giraldo A. (2015). EVALUACIÓN DEL TRIPTÓFANO EN LA PRODUCCIÓN DE PSILOCIBINA EN EL CULTIVO SUMERGIDO DE Psilocybe sp. UNIVERSIDAD EAFIT [ Trabajo De Grado Para Optar Por El Título De Ingeniera De Procesos] [consultado el 8 de Diciembre de 2021] Disponible en: [https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/8834/Adriana\\_GiraldoCampuzano\\_2015.pdf?sequence=2](https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/8834/Adriana_GiraldoCampuzano_2015.pdf?sequence=2)
28. J.E Sánchez y G. Mata. CULTIVO Y APROVECHAMIENTO DE MACROMICETOS. UNA TENDENCIA GLOBAL EN CRECIMIENTO. [internet]. [consultado el 08 de diciembre de 2021] Pp;372. Disponible en: [https://inecol.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1005/178/1/1826\\_2012-10499.pdf](https://inecol.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1005/178/1/1826_2012-10499.pdf)
29. E. Meyer (2017) EFFECTS OF PSILOCYBE CUBENSIS ON POSSIBLY ANTAGONISTIC ORGANISMS. [ Tesis para la graduación en biología]. [consultado el 8 de diciembre de 2021]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Matthew-Meyer-4/publication/334733126\\_Why\\_Did\\_the\\_Mushroom\\_Become\\_Magic\\_-Effects\\_of\\_Psilocybe\\_cubensis\\_on\\_Possibly\\_Antagonistic\\_Organisms/links/5d3df18692851cd0468f95eb/Why-Did-the-Mushroom-Become-Magic-Effects-of-Psilocybe-cubensis-on-Possibly-Antagonistic-Organisms.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Matthew-Meyer-4/publication/334733126_Why_Did_the_Mushroom_Become_Magic_-Effects_of_Psilocybe_cubensis_on_Possibly_Antagonistic_Organisms/links/5d3df18692851cd0468f95eb/Why-Did-the-Mushroom-Become-Magic-Effects-of-Psilocybe-cubensis-on-Possibly-Antagonistic-Organisms.pdf)

30. Fortunato Garza Ocañas, José Ciro Hernández Díaz, Elena Flores Cavada, Artemio Carrillo Parra, Christian A. Wehenkel. Diversidad de macromicetos en bosques de pino en el municipio Madera, Chihuahua. [internet]2018. [consultado el 08 de diciembre de 2021] Pp;351. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/remcf/v9n50/2007-1132-remcf-9-50-342.pdf>
31. Tura D. Tura, D Zmitrovich V., Wasse P. Wasser & Nevo E. MICOTAXON. The genus *Stereum* in israel. [internet]. [consultado el 25 de noviembre de 2021] Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/270881442\\_The\\_genus\\_Stereum\\_in\\_Israel](https://www.researchgate.net/publication/270881442_The_genus_Stereum_in_Israel)
32. Luis Carlos García Saldaña. Diversidad de macromicetos en el bosque templado del Valle de Poanas, Durango. [internet]2021. [consultado el 08 de diciembre de 2021] Pp;1-8. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2594-13212019000100210](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2594-13212019000100210)
33. Mouso N., Papinutti L., Forchiassin F. Revista Iberoamericana de Micología. Acción de *Stereum hirsutum* (Wild) Pers. En la degradación de colorante [internet]2007. [consultado el 16 de marzo de 2022] Disponible en: <http://www.reviberoammicol.com/2007-24/294298.pdf>
34. Ruiz Kunstmann, Juan Manuel. Determinación de factores ambientales para el crecimiento de dos hongos (*Lentinus edodes* y *Stereum hirsutum*) y su acción biodegradante sobre la madera de *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus*. [internet]2004. [consultado el 17 de marzo de 2022] Pp; 1-35. Disponible en: [https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/105052/ruiz\\_j.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/105052/ruiz_j.pdf?sequence=3&isAllowed=y)
35. Ádrya Figueiredo, Ademir Castro E Silva. Atividade “in vitro” de extratos de *Pycnoporus sanguineus* e *Lentinus crinitus* sobre o fitopatógeno *Fusarium* sp. [internet]. [consultado el 08 de diciembre de 2021] Pp;1-7. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/aa/a/TWmqMXRYHZRb9gvWkDKXhdx/?format=pdf&lang=pt>
36. Pineda-Insuasti, Julio Amilcar; Gómez-Andrade, William Edisson; Duarte-Trujillo, Astrid Stefanía; Soto-Arroyave, Claudia Patricia; Pineda-Soto, Camilo Alejandro; Fierro-Ramos, Fernando Javier; Mora-Muñoz, Elsa Sulay; Álvarez-Ramos, Sandra Elizabeth. Producción de *Pycnoporus* spp. y sus metabolitos secundarios: Una revisión ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar, vol. 51, núm. 2 [internet]2017. [consultado el 16 de marzo de 2022] Pp;60-65. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223154251010.pdf>
37. Rivera R. (2019). EL CONTROL BIOLÓGICO Y NATURAL COMO TECNOLOGÍA QUE PROPENDE AL DESARROLLO SOSTENIBLE DE LOS ECOSISTEMAS URBANOS Y FORESTALES EN COLOMBIA. [Tesis de ingeniería ambiental] UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE. [consultado 6 de diciembre del 2021] Disponible en: <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/28092/106975438.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
38. OSORIO J. CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE *Cordyceps* sp. (ASCOMYCOTA: HYPOCREALES) AISLADO DE UNA PUPA DE MARIPOSA (INSECTA: LEPIDOPTERA) DEL MARIPOSARIO AMARANTA DE COLOMBIA, PEREIRA, RISARALDA. UNIVERSIDAD DEL QUINDÍO. [internet]2015 [consultado 7 de Diciembre del 2021] Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/287136575.pdf>
39. Micaela Pucheta Díaz, Antonio Flores Macías, Silvia Rodríguez Navarro y Mayra de la Torre. MECANISMO DE ACCIÓN DE LOS HONGOS ENTOMOPATÓGENOS. [internet]2016. [consultado el 16 de diciembre de 2021] Pp;1-7. Disponible en: [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-18442006001200006](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442006001200006)
40. Denis Castro Bustos, Ma. de Lourdes Acosta-Urdapilleta, Ricardo Valenzuela-Garza y Armando Burgos-Solorio. HONGOS ENTOMOPATÓGENOS DEL GENERO *Cordyceps* s.l. (FUNGI: ASCOMYCOTA) EN EL ESTADO DE MORELOS. [internet]. [consultado el 08 de diciembre de 2021] Pp;273-275. Disponible en: <http://www.socmexent.org/entomologia/revista/2012/CB/273-276.pdf>
41. Juan Carlos Pérez-Villamares, Cristina Burrola-Aguilar, Xóchitl Aguilar-Miguel, Tatiana Sanjuan, Esteban Jiménez-Sánchez. Nuevos registros de hongos entomopatógenos del género *Cordyceps* s.

- l. (Ascomycota: Hypocreales) del Estado de México. [internet]. [consultado el 08 de diciembre de 2021] Pp;1-4. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1870-34532017000400773&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1870-34532017000400773&script=sci_arttext)
42. García D., Rodríguez I., (2016) valuación in vitro de *Cordyceps bassiana* (Ascomycota: Sordariomycetes) en el Control Biológico de *Rhipicephalus microplus*. [internet] [consultado el 10 de marzo del 2022] Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/rivep/v27n1/a14v27n1.pdf>
43. Simón Tadeo Haydar Mordecai. ACTIVIDAD DE LOS EXTRACTOS DE *Cordyceps nidus* CULTIVADO EN MEDIOS SINTÉTICOS COMO MEJORADORES EN LA PRODUCCIÓN DE LACASAS EN *Pleurotus ostreatus*. [internet]2016 [consultado el 16 de marzo del 2021] Pp; 2 Disponible en: <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/17931/u728901.pdf?sequence=1>
44. Pedro Sánchez, Franklin Morillo, Flavio Caetano, Teresa Iturriaga, Jerónimo Guerra, Wilfredo Muñoz. Detección de hongos entomopatógenos del género *Cordyceps* (Ascomycotina: Pyrenomycetes) sobre hormigas del género *Camponotus* Mayr, (Hymenoptera: Formicidae) en plantaciones de cacao de Barlovento, estado Miranda, Venezuela. [internet]2002 [consultado el 16 de marzo del 2021] Pp; 2-4 Disponible en: <http://www.bioline.org.br/pdf?em02020>
45. Tatiana Sanjuán<sup>1</sup>, Luis Guillermo Henao <sup>2</sup>y Germán Amat. Distribución espacial de *Cordyceps* spp. (Ascomycotina: Clavicipitaceae) y su impacto sobre las hormigas en selvas del piedemonte amazónico de Colombia. [internet]2001 [consultado el 17 de marzo del 2021] Pp; 1-4 Disponible en: [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-77442001000300014](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442001000300014)
46. PERCY PÉREZ MEZA. TESIS: HONGOS ENTOMOPATÓGENOS ASOCIADOS A DIFERENTES CULTIVOS TROPICALES. PERCY PÉREZ MEZA [internet]2005. [consultado el 08 de diciembre de 2021] Pp;1-48. Disponible en: <https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/525/AGR-471.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
47. Motta-Delgado, Pablo Andrés; Murcia-Ordoñez. Hongos entomopatógenos como alternativa para el control biológico de plagas Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science, vol. 6, núm. 2. [internet]2011. [consultado el 08 de diciembre de 2021] Pp;77-90. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/928/92819767006.pdf>
48. Noemí Herrero Asensio (2011) MICOVIRUS ASOCIADOS A LOS HONGOS ENDOFÍTICOS Y ENTOMOPATÓGENOS *Tolypocladium cylindrosporum* y *Beauveria bassiana*. UNIVERSIDAD DE SALAMANCA FACULTAD DE BIOLOGÍA DEPARTAMENTO DE MICROBIOLOGÍA Y GENÉTICA. [internet]. [consultado el 13 de marzo 2022] Pp;6-8. Disponible en: <https://digital.csic.es/bitstream/10261/35061/1/TESIS%20NOEMI%20HERRERO.pdf>
49. C. Montalva, J., Silva, L.F.N., Rocha, C. Luz. Characterization of *Tolypocladium cylindrosporum* (Hypocreales, Ophiocordycipitaceae) isolates from Brazil and their efficacy against *Aedes aegypti* (Diptera, Culicidae). [internet]2002. [consultado el 17 de marzo 2022] Pp; 267-272. Disponible en: <https://sfamjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/jam.14093>
50. Ana C. Scorsetti, Lorena A. Elíades, Sebastián A. Stenglein, Marta N. Cabello, Sebastián A. Pelizza y Mario C.N. Saparra. athogenic and enzyme activities of the entomopathogenic fungus *Tolypocladium cylindrosporum* (Ascomycota: Hypocreales) from Tierra del Fuego, Argentina. [internet]2002. [consultado el 17 de marzo 2022] Pp;1-4. Disponible en: [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-77442012000200025](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442012000200025)