



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

Universidad de Sonora
campus Hermosillo

Volumen 15 No. 2 (Mayo-Agosto) 2020: 24-29

INVURNUS

"En busca del conocimiento"

INVESTIGACIÓN

Control biológico de compuestos bioactivos a partir de hongos endófitos contra plagas de insectos

Ortega-Enriquez, Judith Zullim*

* Universidad de Sonora, campus Hermosillo.

Resumen

En el artículo se presenta una revisión bibliográfica sobre las investigaciones que se han realizado en el tema de hongos endófitos para el combate de insectos de plaga. Los hongos endófitos habitan dentro de la planta sin causarle daño alguno. La relación que tiene la planta con el hongo es de suma importancia, ya que el hongo es capaz de producir compuestos bioactivos que le confieren protección a su hospedera frente al ataque de patógenos e insectos de plagas, además les concede tolerancia frente a las sequías, incrementa la biomasa de la planta, entre otros beneficios. En los últimos años para el control de plagas, se han utilizado microorganismos como bacterias, nematodos, hongos y virus en función del control biológico debido a su efectividad y su menor daño al medio ambiente, reduciéndose así el uso de productos químicos como son los insecticidas. En el control de insectos de plagas se utilizan los hongos entomopatógenos, gracias a que estos son capaces de causarle enfermedad al insecto y causar posteriormente su muerte.

Palabras clave: Endófito, compuestos bioactivos, control biológico

Biological control of bioactive compounds from endophytic fungi against insect pests

Abstract

This article presents a bibliographic review on the investigations that have been carried out on the subject of endophytic fungi for the combat of plague insects. Endophytic fungi inhabit the plant without causing any damage. The relationship between the plant and the fungus is of utmost importance, since the fungus is capable of producing bioactive compounds that confer protection to its host against pathogens and pest insects attacks, it grants the plant tolerance against droughts, increases the biomass of the plant, among other benefits. In recent years for pest control, microorganisms such as bacteria, fungi, nematode and viruses have been used as a function of biological control due to their effectiveness and less damage to the environment than chemical products. Entomopathogenic fungi are used in the control of pest insects, since they are capable of causing disease to the insect and subsequently causing its death.

Keywords: Endophyte, bioactive compounds, biological control.

INTRODUCCIÓN

La mayoría de todas las plantas vasculares estudiadas a la fecha presentan organismos endófitos asociados; la planta provee al microorganismo alimento, hospedaje y protección. Los hongos endófitos se definen como microorganismos que pasan la mayor parte o todo su ciclo de vida colonizando los tejidos de la planta hospedera, sin causar un daño evidente (Sánchez y Col. 2013).

Estudios realizados por Sánchez y col. (2013) demuestran la enorme capacidad que tienen los hongos endófitos para producir compuestos bioactivos que le confieren protección a su hospedera contra el ataque de patógenos y herbívoros, estos compuestos bioactivos se definen como componentes de los alimentos que influyen en las actividades celulares y fisiológicas, obteniendo tras su ingesta, un efecto beneficioso para la salud. Desde el punto de vista químico estos compuestos son de origen diverso y actúan a través de diferentes mecanismos de acción, existiendo así carotenoides, polifenoles, terpenos, compuestos organosulfurados, saponinas, etc., los cuales están en estudio para la prevención del cáncer, las enfermedades del corazón, entre otras (De Muñoz-Victoria, 2015).

Vega (2017) refiere que una plaga es cualquier agente biótico que interfiere de forma perjudicial y con carácter agresivo en el desarrollo normal de un cultivo agrícola o forestal causando pérdidas a nivel económico. Por su importancia destacan los insectos y ácaros, específicamente esta revisión se enfocará en los insectos de plaga, los cuales se caracterizan por agrupar animales invertebrados y según su morfología se clasifican en: Masticadores, estos cuentan con dos mandíbulas y un labio como piezas de la boca que les ayudan a romper, masticar o triturar a las plantas, por ejemplo, saltamontes y escarabajos. La otra clasificación son los insectos chupadores, cuyas piezas bucales se adaptan formando una especie de pico, que sirve para perforar la epidermis de la planta, por ejemplo, los dípteros (moscas). Las enfermedades vegetales que estos insectos plaga producen son: pudriciones de raíz, manchas, chancros y tizones (Vega, 2017).

Los hongos entomopatógenos son agentes de control biológico en todo el mundo y han sido objeto de intensa investigación desde hace más de 100 años. La mayoría de las investigaciones con respecto al uso de estos hongos se han centrado en el desarrollo de métodos inundativos, mediante la aplicación masiva con el propósito de que produzcan un efecto inmediato en las poblaciones plaga (Russo, 2017). Cuando las esporas de los hongos entran en contacto con la cutícula de insectos susceptibles, germinan y crecen directamente a través de ella hacia el interior del cuerpo de su hospedero. Por lo tanto, el hongo prolifera a

través del cuerpo del insecto, produce toxinas y consume los nutrientes del insecto, y eventualmente lo destruye. Al inicio de la infección pueden o no observarse síntomas, pero el insecto comienza a perder movilidad y apetito. Al cabo de siete a diez días muere debido a la deficiencia nutricional (Pacheco y col. 2019).

El control de plagas utilizando patógenos, es una rama del control biológico conocida como control microbiano y hace referencia al uso de microorganismos como agentes de control, tales como bacterias, nematodos, virus, y hongos entomopatógenos. Dentro de este grupo de microorganismos, los hongos entomopatógenos son los que han recibido mayor atención por la gran variedad de especies y amplio rango de hospederos (Russo, 2017).

Clasificación de los hongos endófitos

La mayoría de los hongos endófitos pertenecen al *phylum Ascomycota*, aunque también se han encontrado en los *Basidiomycota*, *Zygomycota* y *Oomycota*. Existen dos clasificaciones, la clase 1 son los endófitos clavicipitáceos que se obtienen de algunas gramíneas (plantas herbáceas, las más destacadas cañas de azúcar, trigo, arroz y maíz). Y la clase 2 los endófitos no clavicipitáceos que se recuperan de tejidos asintomáticos de plantas no vasculares, helechos, coníferas y angiospermas (Sánchez y col. 2013). Esta clasificación se explica con más detalle en la Tabla 1.

Beneficios de los hongos endófitos y mecanismo de acción

Los microorganismos endófitos pueden inducir la expresión de genes en las plantas para la producción de metabolitos secundarios en estas o en el medio donde se desarrollan,

Tabla 1. Clases de hongos endófitos.

Criterio	Clavicipitáceos Clase 1	No Clavicipitáceos Clase 2
Tejidos que colonizan	Tallo y rizomas	Tallos, hojas, rizomas, raíces, flores y frutos
Transmisión Función ecológica	Vertical y horizontal Incrementan la biomasa de la planta, confieren tolerancia a la sequía y producen metabolitos secundarios tóxicos para los herbívoros	Vertical y horizontal Incrementan la biomasa de la planta, confieren tolerancia a la sequía y producen metabolitos secundarios tóxicos para los herbívoros. Incrementan la biomasa de la planta, confieren tolerancia al estrés biótico y abiótico, protegen contra hongos patógenos por acción de metabolitos secundarios e inducen resistencia a las enfermedades.

Fuente: Sánchez y col. (2013)

los cuales pueden ser extraídos para diferentes propósitos. Algunos beneficios de los hongos endófitos en sus plantas hospedadoras son: emisión de compuestos antiherbivoría, incremento en la biomasa de la planta y de su productividad, fuente de metabolitos secundarios, acceso a nutrientes limitados en el suelo y tolerancia al estrés abiótico (Aragón y Beltrán, 2018).

Cuando se encuentran frente a un insecto plaga o un patógeno en específico, los endófitos pueden presentar uno o más mecanismos de acción, estos se encuentran relacionados con su capacidad como agentes de control biológico. Estos mecanismos se agrupan en: químicos o indirectos, los cuales se dan por la producción de metabolitos primarios, secundarios, enzimas o por compuestos orgánicos volátiles (VOCs) que limitan e inhiben a un patógeno en específico u otros hongos endófitos competidores. Algunos de los VOCs identificados son: octano, 2-pentilfurano, cariofileno, derivados del naftaleno, entre otros que son producidos por el hongo endófito *Muscodor yucatanensis* aislado de *Bursera simaruba* (Burseraceae) (Sánchez y col. 2013), un árbol nativo de regiones de los estados de Chiapas, Tamaulipas, Veracruz y Tabasco (Figura 1).

El segundo grupo son los mecanismos físicos o directos que se generan por las interacciones de contacto entre hifas y células. Este mecanismo es evidenciado mediante la investigación realizada por Waller y col. (2005), donde demostraron que la resistencia en la cebada (*Hordeum*



Figura 1. Palo Mulato (*Bursera simaruba*).
Fuente: Viveros de biodiversidad Coatepec, Veracruz.

vulgare, Poaceae) al ataque de microorganismos patógenos es debida a la colonización de las raíces por el endófito *Piriformospora indica*. Los efectos positivos observados están relacionados con la inducción de niveles más altos del antioxidante ascorbato, presente en las raíces y mediado por acción del endófito *P. indica*. Este antioxidante puede proteger a la hospedera de la muerte celular (Sánchez y col. 2013) (Figura 2).

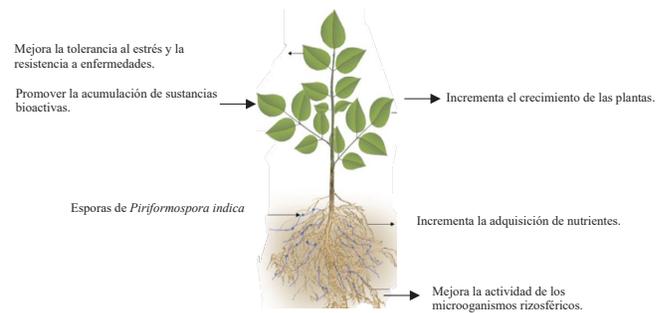


Figura 2. Efectos positivos de *Piriformospora indica* en plantas.
Fuente: Yang y col. (2020)

Metabolitos secundarios derivados de hongos endófitos y su aplicación.

Los compuestos de origen fúngico comprenden una gran variedad de sustancias químicas de diversa complejidad y con estructuras muy variadas, dando lugar a un amplio rango de actividades biológicas. Por ejemplo, existen los alcaloides lolina y sus derivados, que comprenden una familia de compuestos pirrolizidínicos, estos han sido aislados de los hongos *Epichloë* sp., endófitos simbiotes de los pastos *Lolium cuneatum*, *Lolium temulentum* y *Festuca arundinacea* (Poaceae) Sánchez y col. (2013). (Figura 3).

Existen también los alcaloides del ergot tipo ergotamina (Figura 4) y ergopeptina que son potentes toxinas que se encuentran en el centeno y trigo, que constituyen metabolitos secundarios biológicamente activos exclusivos de hongos endófitos clavicipitáceos (clase 1) (Aragón y Beltrán 2018). Estos alcaloides del ergot poseen el anillo tetracíclico ergolina del que deriva el ácido lisérgico. De éste derivan amidas simples y alcaloides peptídicos (Fabbiani y col. 2017).

Gracias a investigaciones realizadas se encuentran reportados compuestos de origen policétido, donde muchos consisten en diversos compuestos aromáticos como bencenos, naftalenos, antracenos, piranos, furanos y benzofuranos (Aragón y Beltrán, 2018).

Los hongos endófitos también producen metabolitos secundarios con estructuras terpénicas. Los chokoles A-K son compuestos que presentan un esqueleto monoterpénico

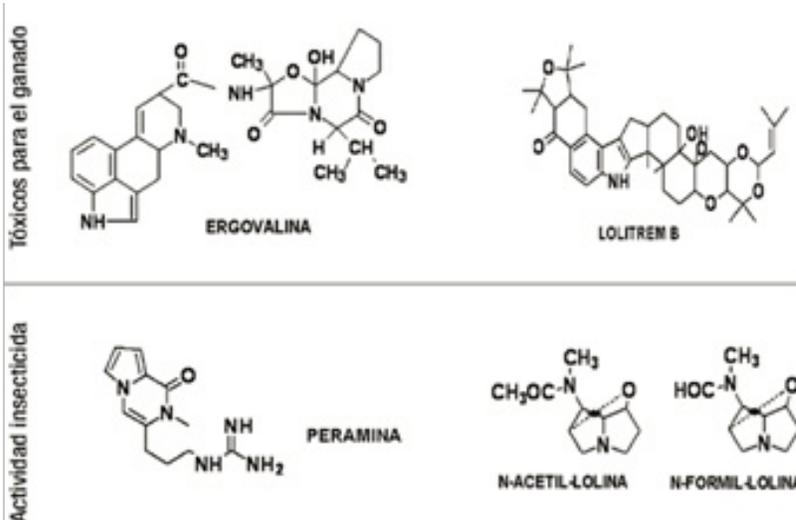


Figura 3. Hongo endófito *Epichloë* y estructuras de alcaloides encontrados en gramíneas infectadas por endófitos *Epichloë*. Fuente: Vázquez y col. (2015).

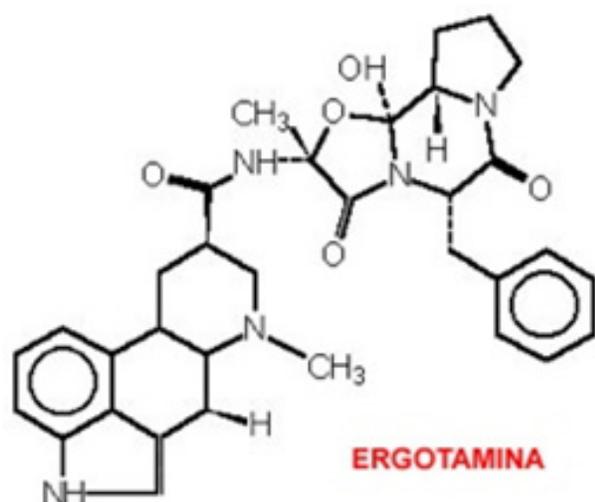


Figura 4. Ergotamina: Alcaloide peptídico, derivada del cornezuelo del centeno (*Claviceps purpurea*). Fuente: Fabbiani y col. (2017).

de ciclofarnesano. El guanacastano tiene un esqueleto base tricíclico de los compuestos denominados guanacastepenos (Figura 5), ambos compuestos son exclusivos de hongos endófitos, donde su actividad biológica es antibacterial contra *S. aureus* y *Enterococcus faecium* (Sánchez y col. 2013).

Algunos de estos compuestos son antibióticos con propiedades antifúngicas, antibacteriales e insecticidas, los cuales pueden inhibir eficazmente el desarrollo de otros microorganismos. Estas propiedades hacen que la bioprospección de microorganismos endófitos haya tomado fuerza en los últimos años, dado su potencial de manejo dual de insectos plaga y de enfermedades, así como los diferentes mecanismos de acción que permiten obtener

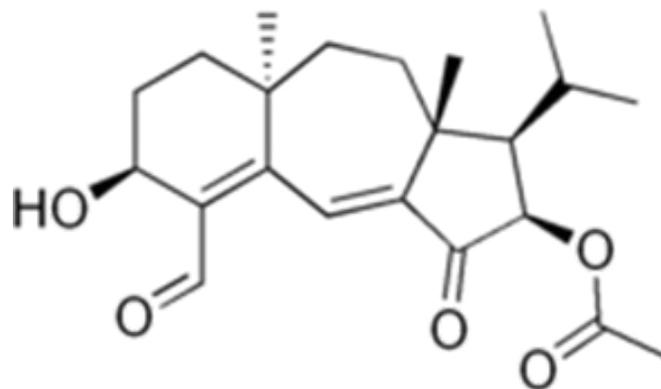


Figura 5. Estructura de guanacastepeno. Fuente: Sánchez y col. (2013).

plantas con mayor producción de biomasa gracias a la promoción de crecimiento que confieren algunos de estos microorganismos (Sánchez y col. 2013).

Asociada a la diversidad estructural de los metabolitos secundarios biosintetizados a partir de hongos endófitos, proviene su diversidad funcional y aplicación, se manifiesta sobretodo en la fabricación de antibióticos, vitaminas y hormonas (López-Gresa, 2008). Un ejemplo claro esta representado por el taxol, un diterpeno aislado del Tejo del Pacífico (*Taxus brevifolia*, *Taxaceae*) que es utilizado en el tratamiento de cáncer de ovario, de mama, pulmón, próstata e hígado. Este compuesto sirve también como una medida de protección o mecanismo de defensa de la planta de tipo fungicida contra el ataque de hongos ficomicetos tales como *Pythium* y *Phytophthora*, los cuales causan grandes problemas en las raíces de algunas especies de plantas y compiten con los hongos endófitos por el mismo nicho ecológico (Barrales-Cureño, 2017).

Control biológico de insectos de plaga

El control biológico es un método de control de plagas racional y amigable al medio ambiente. Este depende en gran medida de las condiciones climáticas, etapa fenológica del cultivo y de la interacción entre las plagas y el hospedero (Hernández-Trejo y col. 2019).

En el caso de los metabolitos tóxicos producidos por hongos endófitos se encuentran los emitidos por *Epicloë* spp. y *Neotyphodium* spp, los cuales, cuando colonizan pasturas de importancia agronómica, contribuyen en la reducción de poblaciones de insectos asociados, mejorando así la aptitud ecológica de la planta y reduciendo la del insecto. Uno de los compuestos producidos por el hongo *Epicloë*, es la pernamina, actúa como un disuasivo de insectos, por lo tanto, las plantas inoculadas con este hongo cuentan con una protección frente a la herbivoría (Aragón y Beltrán, 2018).

Entre los hongos entomopatógenos, más estudiados se encuentran *Metarhizium* spp., *Lecanicillium* spp., *Isaria* spp., *Sporothrix* spp., *Hirsutella* spp., *Aschersonia* spp., *Paecilomyces* spp., *Tolypocladium* spp., *Nomuraea* spp. y *B. bassiana* cada uno de los cuales produce una serie de metabolitos secundarios que presentan amplia variedad de actividades biológicas contra mamíferos, insectos, microorganismos y células vegetales (Aragón y Beltrán, 2018). *Beauveria bassiana* es considerado uno de los hongos entomopatógenos más empleados para el manejo de poblaciones de insectos plaga, estudios recientes han demostrado la aplicación que tiene este hongo en las plantas de alfalfa, tomate y melón que conducen a una colonización endófito transitoria de los tejidos de las plantas tratadas. Este endofitismo causa un incremento en las tasas de mortalidad de las larvas del gusano soldado Rosquilla negra (*Spodoptera littoralis*). Al evaluar las mismas cepas de *B. bassiana* en hojas de plantas de melón, se observó una mortalidad adicional en ninfas de mosca blanca (*Bemisia tabaci*) (Garrido-Jurado y col. 2017).

En un estudio realizado por Berlanga y col. (2018) en huertas comerciales de cítricos en zonas urbanas del estado de Colima, México, se realizó la búsqueda de hongos entomopatógenos como fuentes de control biológico contra el insecto psílido asiático (*Diaphorina citri*) cuya mayor importancia radica en ser transmisor de bacterias del género *Candidatus*, causantes del Huanglongbing. Se aislaron 30 cepas de hongos del orden Hypocreales: *Hirsutella citrifomis*, *Isaria javanica*, *Beauveria bassiana* y *Simplicillium lanosoniveum*.

El suelo es el hábitat para una gran diversidad de microorganismos y muchos de estos poseen la particularidad

de ser agentes naturales contra plagas y enfermedades que atacan a los cultivos. Esto se demostró en una investigación que se realizó por Huerta (2019) en el municipio de Epitacio Huerta, Michoacán, donde se colocaron larvas de polilla de la cera (*Galleria mellonella*) en 5 suelos donde normalmente se cultiva maíz, para el trampeo de los hongos entomopatógenos y se encontró la presencia de *Beauveria* sp. y *Metarhizium* sp, demostrando así el control biológico que ejercen estos hongos contra los insectos de plaga:

En el cultivo del café, *Monalonion velezangeli* se conoce como “La chinche de la chamusquina del café”. El insecto ataca los brotes nuevos de las plantas y necrosa los tejidos cuando se alimenta, el ataque induce a la planta a una producción continua de follaje y escasa formación de producto, como consecuencia disminuye de tamaño repercutiendo en la reducción de las floraciones. Las plantas cercanas por este insecto, presenta retrasos en su crecimiento, reducción en la productividad debido al desequilibrio que tiene como respuesta al daño. Debido a esto se realizó una investigación en Colombia, por Góngora y col. (2020) donde se evaluó la actividad del hongo *Beauveria bassiana* contra las plagas del insecto en cultivos de café. Para evaluar el efecto del hongo en condiciones controladas, se sembraron plantas de *C. verticillata* en materos y luego de cuatro meses de su establecimiento, se infestaron con ninfas (insectos inmaduros) y adultos de *M. velezangeli*. Los individuos de *M. velezangelise* se recolectaron en campo sobre plantas de café, posteriormente se aplicó la solución de *B. bassiana* a cierta concentración, demostrando que la cepa de este hongo es patogénica y altamente virulenta sobre *M. velezangeli* (Góngora y col. 2020). (Figura 6).



Figura 6. Individuos de *Monalonion velezangeli* infectados con *Beauveria bassiana* cepa B. A) Ninfa. B) Adulto. Fuente (Góngora y col. 2020).

CONCLUSIONES

Los hongos representan un papel muy importante en el control biológico ya que de esta manera se evita la utilización de insecticidas. Con los ejemplos presentados en la presente revisión de diferentes compuestos bioactivos a partir de hongos endófitos, se evidencia su importancia en

los beneficios que estos le ofrecen a la planta hospedera y el efecto que tienen ante el ataque de plagas, gracias a las esporas de estos hongos. Los compuestos bioactivos de origen fúngico comprenden una gran diversidad de sustancias químicas, podemos encontrar terpenos, alcaloides lolina, compuestos aromáticos como benceno y naftaleno, donde cada uno de ellos presenta actividades biológicas contra insectos y otros microorganismos.

BIBLIOGRAFÍA

- Aragón, S. & Beltrán-Acosta, C. 2018. Los hongos endófitos en el control biológico de fitopatógenos e insectos plaga. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (agrosavia). Capítulo 19. Pp. 850 – 877.
- Barrales-Cureño, H., & de la Rosa Montoya, R. 2017. Uso de hongos endófitos en la producción del fármaco anti-cáncer Taxol. *Biotecnología Vegetal*. 14 (1).
- Berlanga-Padilla, A.M., Gallou A., Ayala-Zermeño, M.A., Serna-Domínguez, M.G., Montesinos-Matías, R., Rodríguez-Rodríguez, J.C., & Arredondo-Bernal Hugo César. (2018). Hongos entomopatógenos asociados a *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae). *Revista mexicana de biodiversidad*, (89). pp. 986 - 1001.
- De Muñoz Victoria Martínez E. 2015. Compuestos Bioactivos y salud: mitos y realidades. *ALAN revista*. (65). pp 41-42.
- Fabbiani S., Viroga S. & Speranza N. 2017. Derivados ergóticos: de su indicación a su discontinuación. Departamento de farmacología y terapéutica. *Boletín Farmacológico*. 8 (3).
- Garrido-Jurado, I., Resquín-Romero, G., Amarilla, S.P. et al. 2017. Transient endophytic colonization of melon plants by entomopathogenic fungi after foliar application for the control of *Bemisia tabaci* Gennadius (Hemiptera: Aleyrodidae). *J Pest Sci*. (90). pp. 319–330.
- Góngora, C., Laiton-J., L., Gil, Z. y Benavides, P. 2020. Evaluación de *Beauveria bassiana* para el control de *Monalonion velezangeli* (Hemiptera: Miridae) en cultivos de café. *Revista Colombiana De Entomología*. 46. (1).
- Hernández-Trejo, Antonia, Estrada Drouaillet, Benigno, Rodríguez-Herrera, Raúl, García Giron, José Manuel, Patiño-Arellano, Sara Alejandra, & Osorio-Hernández, Eduardo. (2019). Importancia del control biológico de plagas en maíz (*Zea mays* L.). *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(4). pp. 803-813.
- Huerta Ramírez, A. 2019. Presencia de hongos entomopatógenos nativos en suelos cultivados con maíz del municipio de Epitacio Huerta, Michoacán. *Biocología y Sustentabilidad*, 3 (2).
- López Gresa P. 2008. Aislamiento, purificación y caracterización estructural de nuevos principios bioactivos a partir de extractos fúngicos. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia. España.
- Pacheco Hernández, M. de L., Reséndiz Martínez, J., & Arriola Padilla, V. 2019. Organismos entomopatógenos como control biológico en los sectores agropecuario y forestal de México: una revisión. *Revista Mexicana De Ciencias Forestales*, 10(56).
- Red de Viveros de Biodiversidad. Palo Mulato (*Bursera simaruba*). Red de viveros de biodiversidad de Coatepec, Veracruz, México.
- Russo, M. L. 2017. Hongos entomopatógenos: colonización endófitica y control de insectos plaga en cultivos agrícolas Doctoral dissertation. Universidad Nacional de La Plata.
- Sánchez-Fernández, R.E., Sánchez-Ortiz, B.L., Sandoval-Espinosa, Y.K.M., Ulloa-Benítez, A., Armendáriz-Guillén, B., García-Méndez, M.C. & Macías-Rubalcava, M.L. 2013. Hongos endófitos: fuente potencial de metabolitos secundarios bioactivos con utilidad en agricultura y medicina. *Tip Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 16 (2). pp.132-146.
- Vázquez de Aldana B. R., Soto-Barajas M.C. Iñigo Z. 2015. Hongos endófitos epichloë en pastos de la península ibérica. *Revista Pastos*. S.E.E.P, 45 (1). pp. 6-18.
- Vega, A. M. 2017. Control de plagas y enfermedades forestales. Mundi-Prensa Libros (Ed). pp. 14.
- Waller, F., Achatz, B., Baltruschat, H., Fodor, J., Becker, K., Fischer, M., Heier, T., Hückelhoven, R., Neumann, C., von Wettstein, D., Franken, P., & Kogel, K. H. (2005). The endophytic fungus *Piriformospora indica* reprograms barley to salt-stress tolerance, disease resistance, and higher yield. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102(38). pp.13386–13391.
- YANG, Liu & CAO, Jin-Li & Ying-Ning, Zou & Wu, Qiang-Sheng & Kuca, Kamil. 2020. *Piriformospora indica*: a root endophytic fungus and its roles in plants. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici. Cluj-Napoca*. 48. pp.1-13.