



Métodos de conservación como herramienta para salvaguardar agentes de control biológico útiles en el control de plagas

Dr. Miguel Angel Ayala Zermeño

M. en C. Angélica María Berlanga Padilla

Dr. Roberto Montesinos Matías

Colección de Hongos Entomopatógenos,

Departamento de Control Biológico, (CNRFDGSVSENASICA-SADER)

Dra. Alba Priscilia Suaste Dzul

Hongos Antagonistas, Departamento de Control Biológico,

(CNRFDGSVSENASICA-SADER)

Dra. en Nohemí García Ortiz

Área de Hongos Entomopatógenos,

Departamento de Control Biológico, (CNRFDGSVSENASICA-SADER)

M. en C. Jorge Antonio Sánchez González

Jefe del Departamento de Control Biológico,

(CNRFDGSVSENASICA-SADER)

Resumen:

Los microorganismos desempeñan un papel vital, ya sea en la naturaleza o en diferentes ámbitos de las actividades humanas. En el caso de la agricultura contamos con microbios para usarlos como poderosos aliados en la regulación de poblaciones de insectos o patógenos que atacan nuestros campos de cultivo. A este respecto en México, se han realizado grandes esfuerzos para contar con colecciones de dichos organismos, por lo que surgen algunas preguntas: ¿qué se ha realizado para conservar la diversidad de estos minúsculos seres? ¿qué métodos se utilizan para guardarlos? ¿esos métodos son eficientes? ¿cómo hemos aprovechado este valioso recurso genético? Adentrémonos, para conocer su importancia, y los beneficios que aportan a la sanidad vegetal en nuestro país.

Palabras clave: plaga, enfermedad, antagonismo, entomopatógeno

Abstract:

Microorganisms play a vital role, whether in nature or in different areas of human activities. In the case of agriculture, we have microbes to use as powerful allies in the regulation of insect populations or pathogens that attack our crop fields. In this regard in Mexico, great efforts have been made to have collections of these organisms, so some questions arise: what has been done to conserve the diversity of these tiny beings, what methods are used to store them, are these methods efficient, how have we taken advantage of this valuable genetic resource? Let's take a closer look at their importance and the benefits they bring to plant health in our country.

Keywords: pest, disease, antagonism, entomopathogen

En la última década, la población en México se ha incrementado en 14 millones de habitantes (INEGI, 2020), lo que hace imperativo asegurar productos agrícolas en cantidad y calidad para la alimentación y nutrición de toda la población. Sin embargo, anualmente se pierde entre el 10 y el 28% de la producción de cultivos, debido a plagas y enfermedades en las plantas. Este problema se ha acentuado como consecuencia del impacto del cambio climático (Secretaría de la CIPF, 2021); aunado a las pérdidas en almacén por la contaminación de los alimentos y piensos con micotoxinas (toxinas producidas por hongos), representando un grave riesgo para la salud humana y animal.

La presencia constante de plagas en cultivos económicamente importantes (Secretaría de la CIPF, 2021), hace necesario considerar todas las alternativas para su control, una de las cuales es el uso de hongos entomopatógenos (HE). Los HE son un grupo de organismos que sólo pueden verse a través de un microscopio, y a simple vista son muy parecidos a aquellos hongos con aspecto polvoriento que crecen sobre panes o frutas en descomposición en nuestras cocinas, solo que los HE tienen la capacidad de enfermar y causar la muerte en insectos cuando se depositan sobre la cutícula “la piel” de los insectos, además de arañas y ácaros.

El valor actual de las colecciones de microorganismos

México tiene diferentes tipos de climas, cada clima representa un desafío para cualquier especie que es capaz de adaptarse y vivir en ese sitio, con el paso del tiempo estas especies que logran adaptarse y vivir pasan la información a su descendencia sobre “cómo tener éxito” en ese

ambiente, lo que en general hace que la siguiente generación sea más hábil para resistir las condiciones en las que se han desarrollado sus antecesores. No obstante, nos ha tocado vivir una época en la que hemos sido testigos de cómo la biodiversidad de nuestro planeta disminuye año con año. La importancia de la diversidad o variedad, radica en que, en caso de un cambio muy drástico de las condiciones climáticas, muchas variedades morirán, pero alguna o algunas de las especies logrará adaptarse a las nuevas condiciones para empezar a poblar el lugar nuevamente, lógicamente entre más especies existan, mayor será la posibilidad de que alguna lo logre (Equihua y Hernández, 2013).

La pérdida de suelo que provoca la agricultura intensiva, las quemadas forestales, la conversión a desarrollos urbanos y los cambios de temperatura, son algunos factores que han propiciado dicho fenómeno, ya que se modifican las condiciones ambientales en el que estos organismos habitan y algunos tienden a desaparecer (Equihua y Hernández, 2013). No podemos dejar que toda esa variedad de organismos se pierda sin tratar de hacer una “copia” de las instrucciones de cómo “hacer” o reproducir a la mayor cantidad de organismos que han pasado por el planeta, esas instrucciones están guardadas en forma de información genética dentro de las semillas para el caso de las plantas y en forma de esporas o conidios en los hongos, por lo que se han hecho esfuerzos por resguardar esa diversidad.

Ante el deterioro continuo de nuestro entorno, se han generado áreas naturales protegidas e infraestructuras especializadas para salvaguardar la biodiversidad, en la que se guarda una “copia de segu-

ridad” de los organismos. Esto ocurre de manera similar a lo que hacemos con los archivos en nuestras computadoras por si algo les llegara a ocurrir, solo que nosotros resguardamos la información en una USB o en la “nube”. Algunos de los esfuerzos globales encaminados a consumir ese objetivo, han llevado a generar la infraestructura como el almacén de semillas más grande del mundo, el cual es conocido como «La bóveda global de semillas de Svalbard», donde se encuentran las especies cultivables de plantas de todo el mundo, localizado en una isla remota entre Noruega y el polo norte donde las temperaturas son extremadamente bajas, tanto que, si los equipos de refrigeración llegarán a fallar, el permafrost (hielo permanente) conservaría las semillas por mucho tiempo, gracias a la baja temperatura y humedad del ambiente (SIAP, 2016).

Resguardo de la biodiversidad en México

La obtención de “copias de seguridad” de algunas especies de organismos que de manera natural sólo se encuentran en México, lo que se conoce como organismos endémicos, se resguarda en algunas instituciones como es el caso del Centro Nacional de Recursos Genéticos (CNRG) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), catalogado como el “Arca de Noé del Siglo XXI”, ubicado en Tepatitlán de Morelos, Jalisco, el cual surgió como una acción gubernamental de seguridad agroalimentaria, de cuidar y preservar para generaciones futuras (SADER, 2016). Y para el caso de los HE que son microorganismos especializados en el control de plagas, se localizan en la Colección de Hongos Entomopatógenos (incluidos hongos antagonistas) (CHE) del Departamento de Control Biológico (DCB)



Figura 1. Edificio de la Colección de Hongos Entomopatógenos en Tecmán, Colima.

del Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA)(CNRF-DGSV) (<https://www.gob.mx/senasica/documentos/coleccion-de-hongos-entomopatogenos>), (Figura 1).

Actualmente dicha colección cuenta con una copia de 1888 aislados de hongos entomopatógenos (HE) y antagonistas, los aislados de patógenos de insectos, proceden de todos estados de la república mexicana, ubicados en alrededor de 12 géneros y obtenidos de plagas presentes en 37 cultivos. Mientras que la CHE cuenta con 258 aislados de hongos antagonistas del género *Trichoderma spp.* procedentes de cinco estados bananeros, y alrededor de 400 aislados del cultivo de maíz. La CHE inició resguardando HE desde 1991, algunos de estos hongos se utilizan para controlar diversas plagas ya que los laboratorios productores de organismos benéficos de diferentes estados de la república los han adquirido para su comercialización, son parte de los programas oficiales de la DGSV para el control del psílido asiático

de los cítricos (*Diaphorina citri*), importante plaga en los estados donde se cultiva limón, naranja y toronja (Figura 2); las plagas de la langosta y chapulín presentes en los estados del centro y sureste del país que afecta a cultivos como el maíz, frijol y pastos, entre otros.



Figura 2. *Cordyceps javanica*, micosando una ninfa del psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri*.

También se ha trabajado probando diferentes hongos de la colección para utilizar los

que sean capaces de atacar a escarabajos ambrosiales, que son una importante plaga del aguacate; además se realiza algo similar para el gusano elotero y cogollero, que son plagas importantes del maíz, entre otras. Sin embargo, la actividad primordial que se realiza en la CHE, se dirige a guardar copias de hongos para asegurar su viabilidad y utilizarlos como organismos potenciales contra plagas presentes y en un futuro las que aún no se encuentran en nuestro país. Así ocurre con el uso de controladores biológicos nativos del género *Trichoderma sp.*, este hongo antagonista se ha trabajado para la prevención (Figura 3), el control y el manejo de la marchitez por *Fusarium oxysporum f. sp. cubense* raza 4 Tropical en musáceas. Aunque la plaga, ya está presente en tres países de Latinoamérica (Colombia, Perú y Venezuela), no ha ingresado a nuestro país. La magnitud de las consecuencias económicas asociadas *F. oxysporum f. sp. cubense* raza 4, radica en los daños económicos que potencialmente representaría para los cultivos del plátanos y bananas en México.

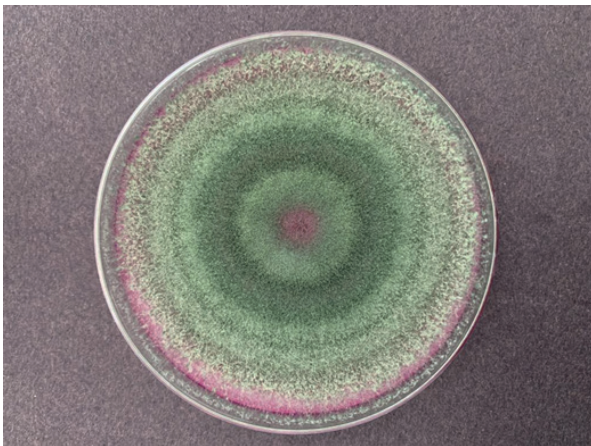


Figura 3. El hongo antagonista *Trichoderma sp.*

Aliados naturales para el control de plagas y enfermedades en el campo mexicano

Los HE son un grupo de microbios que des-

taca por su capacidad de enfermar por contacto y causar la muerte en insectos plaga. Los HE son aliados importantes que regulan a las poblaciones de insectos de manera natural. Dentro de la gran diversidad de HE, existen algunos que atacan a varios órdenes de insectos y otros que son específicos. Es a partir de los conidios de estos hongos (presentes en el suelo, partes vegetales o en el aire), que al estar en contacto con el cuerpo del invertebrado da inicio la enfermedad. A partir de este fenómeno presente en la naturaleza, se han elaborado diversos productos insecticidas hechos con los conidios del hongo (micoinsecticidas y biofungicidas), para utilizarse en el campo mexicano. Por otro lado, existen otros hongos benéficos, llamados antagonistas, que son hábiles para atacar a “otros hongos” que dañan a la planta. *Trichoderma sp.* es un hongo antagonista capaz de controlar diversos organismos causantes de enfermedades (Figura 4), como bacterias, nematodos y, especialmente, otros hongos, ya sea compitiendo directamente por los nutrientes, ayudando al crecimiento de las plantas o actuando en defensa de la misma; aunque podría actuar como parásito del hongo fitopatógeno (Sood *et al.*, 2016).

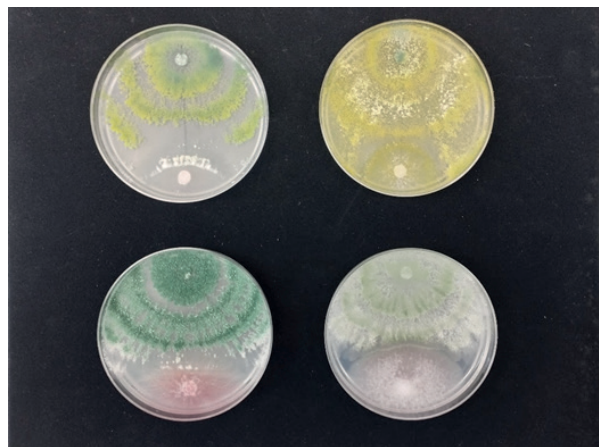


Figura 4. Confrontación entre hongos fitopatógenos y antagonistas.

Algunas de las especies más utilizadas en el control de plagas agrícolas y enfermedades son *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Metarhizium acridum*, *Metarhizium rileyi* (Figura 5), *Cordyceps javanica*, *Hirsutella thompsonii*, *Akanthomyces lecanii*, *Cordyceps fumosorosea*, *Aschersonia aleyrodes* (Figura 6), y *Trichoderma* sp., éstas y otras especies se conservan en la CHE.

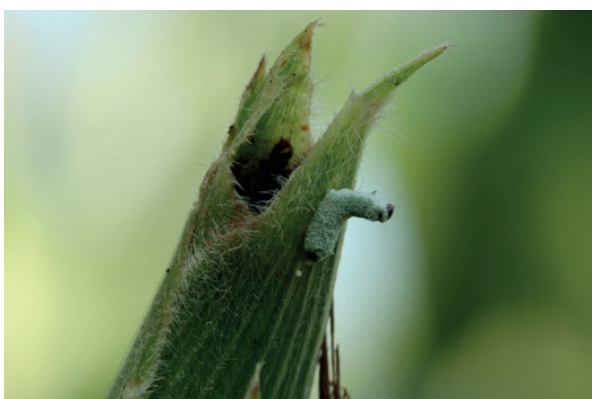


Figura 5. Larva de lepidóptero micosada con el hongo entomopatógeno, *Metarhizium rileyi*.



Figura 6. *Aschersonia aleyrodes*, ocasionando micosis a *Aleurocanthus woglumi*.

Principios de la conservación utilizadas por las colecciones

Así como las semillas de plantas se guardan a temperaturas muy bajas y en un ambiente lo más seco posible, (lo que fun-

ciona para las semillas conocidas como semillas ortodoxas), para el caso de los conidios de los hongos, se deben tener cuidados similares. Los HE pueden conservarse vivos por períodos prolongados e inclusive varias décadas utilizando técnicas adecuadas a las que se les denomina “métodos de conservación”, los cuales son implementados en general en las colecciones de cultivos (<https://wfcc.info/guideline>).

Los principios de las técnicas consisten en conservar el HE a bajas temperaturas (-70 y -196°C), al menos dos veces menor a la que se registra en la punta del Everest (-30°C) para ello se utilizan ultracongeladores y con nitrógeno en su forma líquida (Figura 7). La eliminación de agua de las muestras por el proceso de sublimación (liofilización), el secado del hongo al crecer en un soporte de gel de sílice, limitar la cantidad de oxígeno a la que puede acceder el hongo y así evitar la evaporación de agua (aceite mineral), son otros de los principios de las técnicas para la conservación. Bajo estas condiciones, los hongos entran en un tipo de hibernación, letargo o están adormecidos (latencia) hasta que se les proporcionan nuevamente las condiciones necesarias para su reactivación y desarrollo (Humber 2012; Ayala-Zermeño *et al.*, 2017).

Por otro lado, como es bien sabido, muchos eventos desafortunados le pueden suceder a los recintos donde se encuentran resguardadas las valiosas semillas, desde un corte de energía eléctrica provocando que se apaguen los refrigeradores, hasta un temblor que interrumpa las vías de suministro de nitrógeno líquido, es por eso que para guardar un solo tipo de hongo en la colección del CNRCB se emplean tres métodos de conservación y así es como se



Figura 7. Métodos de conservación para hongos entomopatógenos agua estéril (A), aceite mineral (B), liofilización (C), nitrógeno líquido (D y G), gel de sílice (E) y -70°C (F).

asegura que siempre tendremos una “copia” de un hongo de interés.

Además, debemos considerar las necesidades particulares de algunos hongos, ya que no todos toleran estos procedimientos, por ejemplo, muchos son sensibles a los métodos que hacen uso de bajas temperaturas. Existen diferentes métodos de conservación y dependiendo del tiempo que los microorganismos pueden permanecer viables en ellos, se pueden clasificar de preservación a corto, mediano y largo plazo. A continuación, describiremos de un modo general en qué consiste cada una de las técnicas de conservación de los hongos.

Agua destilada

Aunque las semillas ortodoxas y muchos conidios de hongos entomopatógenos se conservan mejor cuando se les retira el agua, parece contrario a la intuición que el agua también pueda funcionar como un potente conservante de la integridad de los conidios, aun así la técnica de conservación en agua es uno de los métodos

más utilizados para la guardar hongos a mediano plazo debido a la simplicidad de la técnica y la fácil disponibilidad de materiales utilizados por la mayoría de los laboratorios y colecciones, para este método de conservación se utiliza como principio la conservación a 4°C , tal que puede utilizarse incluso un refrigerador doméstico. El procedimiento consiste en guardar pequeños discos de medio de cultivo con secciones de la colonia del hongo en contenedores de plástico llamados viales, a los cuales se les añade un volumen conocido de agua estéril y se almacenan a 4°C . Este método funciona bien porque a diferencia de otros métodos que veremos más adelante, evita el estrés, potencialmente letal, asociado a la descongelación o la rehidratación rápida, además de que el agua amortigua cambios rápidos de temperatura (Figura 7). Esta técnica permite la conservación de algunas especies de HE entre 7 y 8 años, como los son *Beauveria bassiana* y *Akanthomyces lecanii* (Ayala-Zermeno *et al.*, 2023) no obstante, algunas especies como *Hirsutella citriformis* pueden

llegar a perder prontamente su viabilidad (Ayala-Zermeño *et al.*, 2017).

Aceite mineral

Entre los primeros métodos para garantizar la disponibilidad de los hongos comestibles durante algunos meses, se ha utilizado la conservación en aceite de origen vegetal, sal y algunas especies, además de un proceso rústico de envasado al vacío en frascos de cristal (Agroconsultora plus, 2023). Obviamente un hongo sometido a este proceso no será viable, pero sí tendrá las cualidades para consumirse como alimento. En el caso de la conservación de HE, la finalidad no es su consumo, sino mantenerlos con vida, para cumplir este fin, los HE se crecen en pequeños recipientes de vidrio, en los cuales, al observar la presencia de esporas, serán cubiertas con aceite mineral, y para prolongar su subsistencia se conservarán a una temperatura estable de $25 \pm 2^\circ\text{C}$ (Figura 7). Los HE de la CHE se han preservado vivos de 6 a 7 años (Ayala-Zermeño *et al.*, 2023).

Gel de sílice

Con este método de conservación se utiliza como soporte cristales de sílice, el cual es un producto presente en nuestras vidas, y es común encontrarlo dentro de pequeñas bolsitas de papel transpirable en cajas de zapatos, en bolsos para damas, en medicamentos y otros productos; la función de estos cristales es la de favorecer la eliminación de agua disponible y por consecuencia que los HE conservados en este método disminuyen su tasa de crecimiento, lo que permite que se mantengan vivos por más tiempo, con esta técnica se han logrado conservar algunas especies de HE entre 7 y 10 años según la especie fúngica (Figura 7) (Ayala-Zermeño *et al.*, 2017; Ayala-Zermeño *et al.*, 2023).

Secado por congelación (Liofilización)

Este método se remonta a tiempos prehistóricos y fue utilizado por los incas del Perú, para conservar sus alimentos (BBC, Mundo Noticias, 2011). A finales de la década de 1880 se empezó a utilizar a escala laboratorio, cuando se entendieron sus principios básicos. En la actualidad, la tecnología de congelación y vacío, se utiliza industrialmente en el área farmacéutica y alimentaria. Es una técnica que consiste en deshidratar o secar el bioproducto (suspensión congelada de las estructuras reproductivas/conidios) en condiciones de vacío, por el fenómeno de sublimación (evaporación de moléculas de agua de fase sólida a gas), sin alterar la composición del resto de biomoléculas. Las muestras se mantienen en refrigeración durante 12 horas y a continuación se congelan a -50°C , luego se colocan en equipos especializados cuya función es eliminar el agua contenida en la muestra (Ayala-Zermeño *et al.*, 2017). Este procedimiento de liofilización es comúnmente utilizado por las colecciones de microorganismos que ofrecen servicios generales para el envío e intercambio de muestras, por la seguridad que ofrece (están inactivos) (Figura 7) (Humber, 2012). El método de secado por congelación se ha logrado conservar cepas hasta por 20 años en International Mycological Institute (UK).

Ultracongelación (-70°C) y criopreservación (-196°C)

La congelación y la ultracongelación son las técnicas comúnmente utilizadas para la conservación de alimentos, su principio se basa en congelar el agua que contienen, hacerlo de manera rápida, favorece la formación de una mayor cantidad de cristales

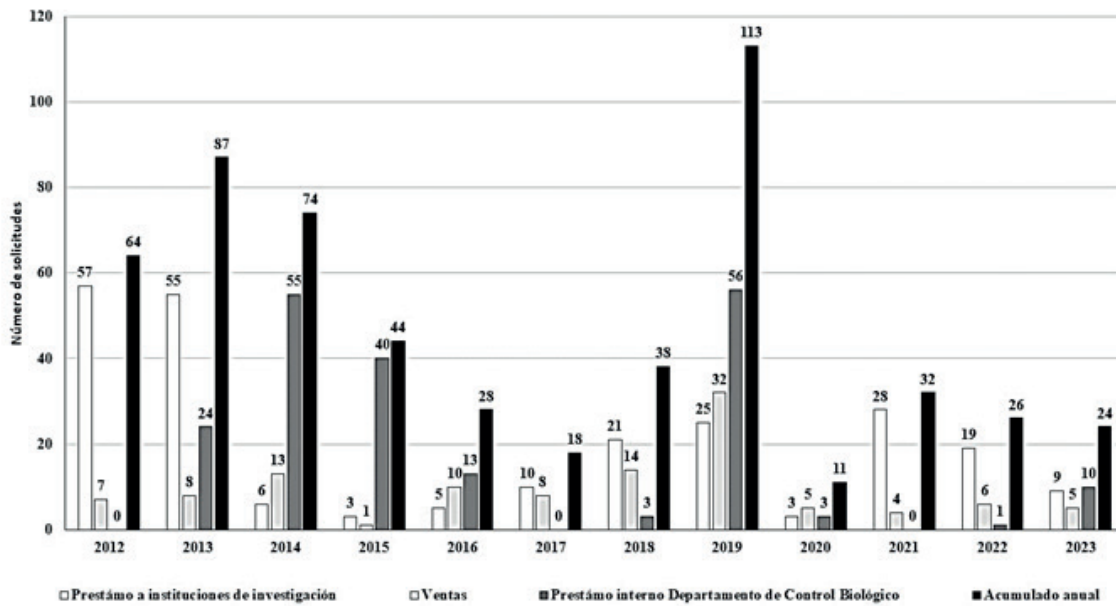


Figura 8. Aislados proporcionados por la colección de 2012 a 2023.

les de pequeño tamaño, lo que mantiene la textura y el aroma natural de los alimentos. No obstante, si la congelación es lenta, se forman pocos cristales de gran tamaño, lo que provoca la rotura de tejidos celulares de los alimentos y la pérdida de la textura durante el descongelado (Consumer, 2009). Algo similar sucede con la preservación de organismos ya que para tolerar los descensos drásticos de temperatura se deben utilizar crioprotectores (azúcares, glicerol, leche descremada), para evitar la formación de cristales de gran tamaño que pudieran destruir las estructuras que desean conservar de los HE. Muchos de los HE de la CHE han sido conservados a -70 y -196°C , siendo ésta una de las mejores técnicas de conservación para mantenerlos vivos, incluso por más de dos décadas o por tiempo indefinido (Figura 7) (Mier *et al.*, 2005; Ayala-Zermeño *et al.*, 2017).

Impacto/beneficio de la CHE del SENASICA, que promueve

una agricultura sustentable en el campo mexicano

El SENASICA, a través de la CHE promueve el uso de organismos nativos como agentes de control de plagas de insectos en el campo mexicano. A lo largo ya de más de una década de su creación en un espacio exclusivo en el DCB, la CHE ha otorgado más de 535 copias de HE, ya sea como donación a instituciones educativas o de investigación (formación de especialistas), préstamo interno para investigación y por concepto de venta a laboratorios particulares (Figura 8). Los HE son un componente esencial, en el manejo integrado de plagas (MIP). Estos hongos pueden ser utilizados en formulaciones denominadas micoinsecticidas o en esporas libres, como alternativa sustentable a los productos sintéticos, usados tradicionalmente para el control de plagas.

El uso de HE, tiene la ventaja de no contaminar el ambiente u ocasionar daño en

otros vertebrados, en comparación con los agentes de combate químico, altamente tóxicos no solo para los insectos. Como ejemplo tenemos el caso del control de la plaga de la langosta centroamericana *Schistocerca piceifrons piceifrons*, de 2009 a 2016 se utilizó *Metarhizium acridum*, alcanzando reducciones de su población de más del 90% en diferentes estados de nuestro país. Las aplicaciones *M. acridum* para controlar a la plaga de la langosta abarcaron una superficie aproximada de 11,107 ha, reemplazando el uso de 222.14 ton de paratión metílico, principal insecticida sintético utilizado, a una concentración del 3% (Arredondo-Bernal y Rodríguez-Vélez; 2020).

En conclusión, la CHE (colección de hongos compuesta por antagonistas y entomopatógenos) es considerada en la actualidad de alta prioridad para el SENASICA y de un gran valor para México, al salvaguardar su biodiversidad, un patrimonio con el potencial de controlar plagas presentes y futuras, y así coadyuvar para proteger la agricultura nacional de manera sostenible. Además, es una fuente de conocimiento, debido a que suministra material biológico a universidades, académicos, productores agrícolas y laboratorios comercializadores de agentes de control biológico, que se benefician como usuarios principales. La omisión en actividades de conservación de la biodiversidad deja en peligro a las especies nativas y sus hábitats los cuales pudieran perderse debido a la destrucción de los ecosistemas, el crecimiento urbano y deterioro climático en diversas regiones de nuestro país.

Referencias

Agroconsultora plus, *Hacer conservas de hongos como estrategia para expandir su*

consumo, <https://www.agroconsultoraplus.com/conservas-hongos-comestibles/>, 2023.

Arredondo-Bernal, H.C., Rodríguez-Vélez B., 21 *Biological Control in Mexico*. In: van Lenteren, J, Bueno, VHP, Luna, MG, Colmenarez, Y (Eds.). *Biological Control in Latin America and the Caribbean Its Rich History and Bright Future*, CABI, 2020, pp. 312–33.

Ayala-Zermeño, M.A., Berlanga-Padilla A.M., Regla-Márquez C.F., Lino-López G.J., Muñoz-Paredes F., Montesinos-Matías R. y Sánchez-González J.A., Long-term preservation and genetic stability of entomopathogenic fungal species. *Journal of Microbiological Methods*, 208, pp. 106711, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.mimet.2023.106711>.

Ayala-Zermeño, M.A., Gallou A., Berlanga-Padilla A.M., Andrade-Michel G.Y., Rodríguez-Rodríguez J.C., Arredondo-Bernal H.C., Montesinos-Matías R., Viability, purity and genetic stability of entomopathogenic fungi species using different preservation methods. *Fungal Biology*, 121, 920-928, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.funbio.2017.07.007>

BBC, Mundo Noticias, *Proponen método para conservar alimentos fuera de la nevera*. https://www.bbc.com/mundo/noticias/2011/11/111117_argentina_conservar_alimentos_sin_frio_lav. 2011.

Consumer, *Ultracongelación de alimentos*. <https://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/ultracongelacion-de-alimentos.html>, 2009.

Equihua, M. y Hernández A., *¿Por qué es importante para México mantener su bio-*

diversidad?. <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/2013-06-05-10-34-10/17-ciencia-hoy/344-por-que-es-importante-para-mexico-mantener-su-biodiversidad>, 2013.

Humber, R.A., *Preservation of entomopathogenic fungal cultures*. In: Lacey, L (Ed.). *Manual of Techniques in Invertebrate Pathology*. Academic Press, 2012, pp. 317–328.

INEGI, *Cuéntame de México: Población*. <https://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/habitantes.aspx?tema=P#:~:text=Durante%20los%20%C3%BAltimos%2070%20a%C3%B1os,en%2014%20millones%20de%20habitantes.2020>.

Mier, T., Toriello C., Ayala-Zermeño M.A. y Navarro-Barranco H., *Conservación de Hongos Entomopatógenos para el Control Biológico de Plagas Agrícolas*. Ciencias Biológicas y de la Salud Cuadernos 51, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, 2005, pp.1–39.

SADER, *Centro Nacional de Recursos Genéticos, resguardo de la riqueza de Méxi-*

co. <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/centro-nacional-de-recursos-geneticos-resguardo-de-la-riqueza-de-mexico>, 2016.

Secretaría de la CIPF, *Revisión científica del impacto del cambio climático en las plagas de las plantas. Un desafío mundial en la prevención y la mitigación de los riesgos de plagas en la agricultura, la silvicultura y los ecosistemas*. Roma. FAO en nombre de la Secretaría de la CIPF. 2021. <https://doi.org/10.4060/cb4769es>

SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, *Svalbard: La Bóveda Global de Semillas*. <https://www.gob.mx/siap/articulos/svalbard-la-boveda-global-de-semillas>, 2016.

Sood, M., Kapoor D., Kumar V., Sheteiw M.S., Ramakrishnan M., Landi M., Ariniti F. y Sharma A., *Trichoderma: The “Secrets” of a Multitalented Biocontrol Agent*. *Plants*, 9, pp.762, 2020. <https://doi.org/10.3390/plants9060762>