

LOS HONGOS ENTOMOPATÓGENOS, ALIADOS DE LA AGRICULTURA SUSTENTABLE EN EL CONTROL DE PLAGAS

1Frida Escamilla Barragán, 2Ana Yeli Bautista García, 3Soley Berenice Nava Galicia y 3Martha Bibbins Martínez*

1Instituto Tecnológico del Altiplano de Tlaxcala

2 Universidad Politécnica de Puebla

3Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada-Instituto Politécnico Nacional

*e-mail: mbibbinsm@ipn.mx

RESUMEN

El objetivo general de las políticas para una agricultura sustentable, es garantizar la sustentabilidad ambiental al mismo tiempo que mejorar, o al menos mantener, la productividad agrícola. Para lograr lo anterior, se deben implementar prácticas que reduzcan el consumo de insumos como el agua, así como de pesticidas y fertilizantes de origen químico.

Es bien reconocido que el uso desmedido de pesticidas sintéticos ha ocasionado un impacto muy negativo al medio ambiente, a la salud de los humanos y animales, además de otros problemas como son el daño a insectos benéficos y la resistencia desarrollada por algunas plagas. El control biológico es una técnica alternativa a los pesticidas químicos para combatir diferentes plagas, evitando con esto no sólo el daño a los cultivos, sino también cualquier efecto tóxico en el ecosistema.

El potencial de los hongos entomopatógenos como agentes de control biológico de diferentes especies de insectos, ha sido ampliamente estudiado y se ha demostrado que estos organismos pueden ser grandes aliados en la agricultura sustentable y en la implementación de programas de manejo integrado de plagas, evitando y/o reduciendo el daño al medio ambiente ocasionado por los pesticidas químicos.

En este artículo se describen las principales características y mecanismo de acción de los hongos entomopatógenos, además de mencionarse algunos biopesticidas comerciales que se han desarrollado empleando estos organismos y el éxito de los mismos en el manejo integrado de plagas.

PALABRAS CLAVE: Control biológico, hongos entomopatógenos, agricultura sustentable, biotecnología, plagas.

ABSTRACT

The overall objective of sustainable agriculture policies is to ensure environmental sustainability while improving, or at least maintaining, agricultural productivity. To achieve this, practices to reduce the consumption of inputs such as water, as well as chemical pesticides and fertilizers must be implemented. It is well recognized that the excessive use of chemical pesticides has caused a very negative impact on the environment and the health of humans and animals, in addition to other problems such as damage to beneficial insects and the resistance developed by some pests. Biological control is an alternative technique to chemical pesticides to combat different pests, thus avoiding not only damage to crops, but also any toxic effect on the ecosystem.

The potential of entomopathogenic fungi as biological control agents of different pest insect species has been

widely studied and it has been shown that these organisms can be great allies in sustainable agriculture and in the implementation of integrated pest management programs, avoiding and / or reducing damage to the environment caused by chemical pesticides.

In this article, the main characteristics of entomopathogenic fungi and their mechanism of action and how these organisms have been employed to develop commercial biopesticides that have been successfully applied in pest management are exposed.

KEY WORDS: Biological control, entomopathogenic fungi, sustainable agriculture, biotechnology, pests.

I. INTRODUCCIÓN

La presión sobre los sistemas de producción agrícola para lograr la seguridad alimentaria mundial, en el contexto de las crecientes demandas y la degradación de los recursos naturales, hace necesario repensar los sistemas de producción actuales hacia modelos más sostenibles (Piñeiro et al., 2020). Las prácticas agroecológicas que a la fecha ya se encuentran en mayor o menor grado integradas en los sistemas de producción agrícola, son la fertilización orgánica, la fertilización fraccionada, la reducción de la labranza, el riego por goteo y el control biológico de plagas (Wezel et al., 2014). Todas estas prácticas contribuyen a mejorar la calidad de la tierra al incrementar la abundancia, diversidad y actividad de los microorganismos en la misma y en la rizosfera de las plantas, con lo anterior se impacta directamente sobre la composición de las plantas, así como la productividad y sustentabilidad en la producción (Tahat et al., 2020).

Es evidente que el daño causado por los plaguicidas sintéticos tanto en la salud humana, como al medio ambiente (tierra, agua, aire), ha resultado en un rechazo cada vez más generalizado del uso de pesticidas sintéticos para el control de plagas en la producción agrícola (Vargas et al., 2019). El control biológico se refiere al uso de organismos (naturales o modificados) o de sus metabolitos, para reducir los efectos negativos de patógenos y a la par favorecer o proteger a organismos benéficos, como insectos y otros microorganismos que, de forma natural, se encuentran interactuando con las plantas (Singh et al., 2020). En el control de insectos plaga, los hongos entomopatógenos representan una opción efectiva y amigable con el medio ambiente para reducir temporal o permanentemente la población de la plaga (Viera et al., 2020). Estos agentes de control biológico pueden infectar un gran número de especies de insectos y dada su efectividad, a la fecha ya se cuenta con productos comerciales a base de esporas de estos organismos, que son utilizados en programas de manejo integrado de plagas, favoreciendo con esto las buenas prácticas en la agricultura y la protección al medio ambiente (Gul et al., 2020).

2.1 ¿QUÉ ES LA AGRICULTURA SUSTENTABLE?

La agricultura sustentable es un sistema integrado de prácticas de producción de alimentos con el objetivo de satisfacer la demanda de los mismos, cuidar la calidad del medio ambiente, hacer uso eficiente de los recursos y mejorar la calidad de vida de los agricultores y consumidores (Soto, 2008). De acuerdo a Salgado Sánchez, 2015, “la agricultura sustentable se basa en el desempeño de ecosistemas donde tienen lugar y se coordinan interrelaciones complejas entre suelo, agua, plantas, animales, clima y seres humanos; con la meta de integrar dichos componentes en un sistema de producción que es apropiado para el ambiente, la sociedad y las condiciones económicas donde se encuentra” (Figura 1).

Una parte de suma importancia para la agricultura sustentable son las buenas prácticas agrícolas dentro de las cuales entra el manejo sustentable de plagas; en los últimos años se han utilizado de manera indiscriminada plaguicidas químicos tanto por necesidad como por desconocimiento, lo cual trae consecuencias negativas para los agricultores, la producción y el medio ambiente, es por ello que es necesario comenzar a utilizar practicas sustentables para el manejo de plagas en la agricultura como lo es el control biológico (Zepeda-Jasso, 2018).



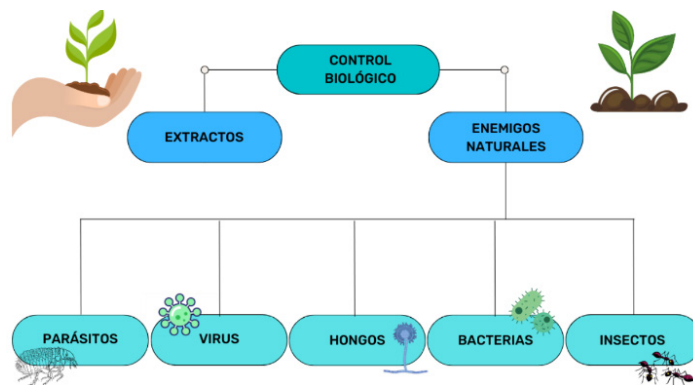
Figura 1. Elementos de la agricultura sustentable

2.2 ¿QUÉ SIGNIFICA CONTROL BIOLÓGICO?

El control biológico se refiere al uso de diferentes organismos, compuestos ó extractos obtenidos de los mismos, los cuales solos o en combinación pueden reducir los efectos nocivos de las poblaciones de patógenos sobre el crecimiento y/o productividad de los cultivos. (Pacheco-Hernández et al., 2019). El principio básico de esta tecnología es el control de plagas agrícolas haciendo uso de sus enemigos naturales como lo son depredadores, parasitoides, virus, bacterias y hongos. Es muy importante resaltar que, a diferencia de

los métodos químicos de control, este método, no deja residuos tóxicos en las plantas ni en el suelo, por lo tanto, se obtienen alimentos más inocuos cuidando la salud de la población y el medio ambiente. (Moraes et al., 2019).

Con base a lo anterior, los biopesticidas pueden clasificarse en tres principales categorías: microbianos, bioquímicos y los protectores incorporados a las plantas (PIP). Estos productos tienen una participación del 5% en el mercado mundial de pesticidas, siendo los bioplaguicidas microbianos los de mayor producción y uso (Pathma et al., 2021) (Figura 2).



Created in BioRender.com bio

Figura 2. Diferentes agentes empleados en el control biológico

2.3 LOS HONGOS ENTOMOPATÓGENOS, AGENTES PARA EL CONTROL DE INSECTOS PLAGA

Los hongos entomopatógenos juegan un papel muy importante como agentes de control de muchas especies de artrópodos al ser enemigos naturales de los mismos, su rol en la regulación de poblaciones de insectos fue descubierto desde tiempos antiguos, sin embargo, desde hace algunos años han sido estudiados como potenciales controladores de plagas importantes en la agricultura, con resultados muy satisfactorios (Marina et al., 2018). Este grupo amplio de microorganismos tienen roles múltiples en los sistemas agroecológicos, el rol más reconocido es la capacidad para regular plagas y mantenerlas en niveles adecuados, es decir, debajo del umbral de pérdida económica en la producción del cultivo, pero además pueden ser endófitos que infectan tejidos de la planta o encontrarse asociados a la rizosfera, protegiendo a la misma de patógenos y herbívoros, y posiblemente incluso, pueden ser agentes promotores del crecimiento de las plantas (Vega et al., 2009). Se han identificado varios géneros y especies de hongos con potencial entomopatógeno, los más utilizados actualmente para este fin son *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Paecilomyces fumosoroseus*, *Nomurea rileyi* y *Lecanicillium lecanii* entre otros (Mota-Delgado y Murcia-

Ordoñez, 2011, Zelaya-Molina et al., 2022) (Figura 3).

La mayoría de los hongos entomopatógenos mencionados se clasifican dentro del orden de los Hypocreales, son organismos que se encuentran de manera natural en la tierra y en diferentes hábitats. Estos organismos pueden desarrollarse bajo diferentes condiciones ambientales, los rangos de temperatura reportados para su crecimiento van de 10 a 30 °C y humedad relativa por encima de 90 % (Maina et al., 2018). El uso de estos organismos es una de las mejores alternativas para el control biológico por ser económica, sencilla y desde el punto de vista ecológico, sustentable (Pacheco-Hernández et al., 2019).

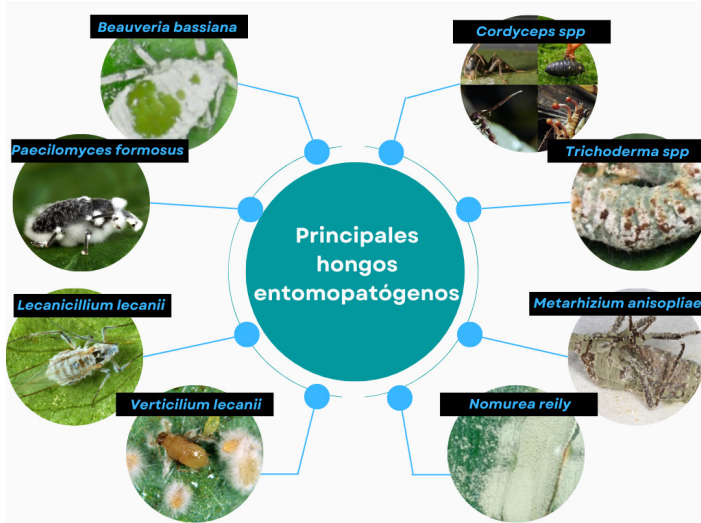


Figura 3. Principales hongos entomopatógenos utilizados en la agricultura

2.3.1. ¿Y CÓMO ACTÚAN LOS HONGOS ENTOMOPATÓGENOS?

El ciclo de vida se divide en una fase parasitaria, que comienza con la infección y dura hasta la muerte del huésped, y una fase saprofítica, que tiene lugar después de la muerte del insecto. En la primera fase, los conidios entran en contacto con el insecto y se forma el tubo de germinación; el apresorio o haustorio, por acción mecánica (presión hifal) y enzimática (lipasas, proteasas, amilasas y quitinasas). En la segunda fase penetra en la cutícula y se produce un microporo por el cual avanza hacia el interior del insecto, inmediatamente el hongo comienza su crecimiento vegetativo en el cual el hongo utiliza los nutrientes obtenidos del insecto para su crecimiento y reproducción, el insecto se ve afectado a nivel físico y metabólico por lo cual este muere. Finalmente, una vez muerto el insecto, el hongo busca continuar su desarrollo atravesando la cutícula del insecto con el fin de esporular y seguir propagándose (Barra-Bucarei et al., 2019) (Figura 4).

2.4. ALGUNOS CASOS DE ÉXITO

Los numerosos casos de éxito utilizando hongos entomopatógenos así como sus beneficios y efectividad

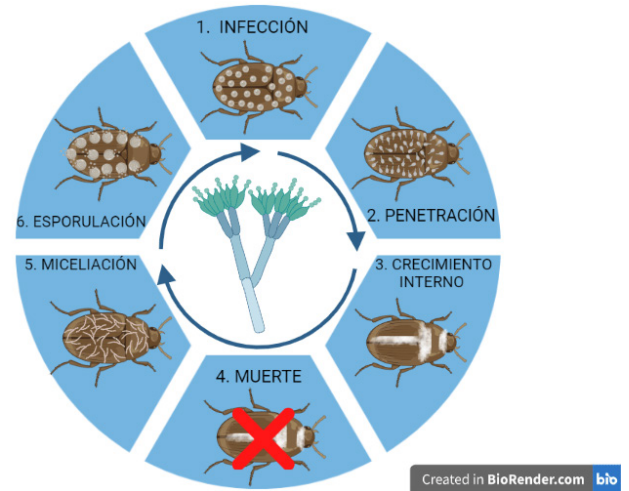


Figura 4. Mecanismo de acción de los hongos entomopatógenos

reportados en diversas investigaciones, han favorecido el desarrollo de bioinsecticidas a nivel comercial. En la tabla I se presentan algunos productos que ya son empleados en México y en el extranjero para el combate de diferentes plagas de cultivos de importancia agronómica. Los hongos entomopatógenos en México se han empleado particularmente para combatir plagas de cultivos tan importantes para nuestra economía como son el maíz, frijol, café, caña de azúcar, cítricos, hortalizas, entre otros (Pacheco-Hernández et al., 2019).

Tabla I. Biopesticidas comerciales a base de esporas de hongos entomopatógenos utilizados en México y en el extranjero

Nombre del producto	Nombre del hongo	Composición	Insectos blanco
Productos utilizados en México			
ATENTO	<i>Beauveria bassiana</i>	Beauveria b. 7.0%	Mosca blanca (<i>Trialeurodes vaporariorum</i> y <i>Bemisia tabaci</i>)
MYCO RALYS	<i>Beauveria bassiana</i>	Beauveria b. 1.67%	Mosca pinta (<i>Aeolomyia postica</i>) y mosca blanca (<i>Bemisia tabaci</i>)
META-PLUS	<i>Metarhizium anisopliae</i>	Metarhizium a. 3%	Picudo del chile (<i>Anthonomus eugenii</i>)
PHC META TRON	<i>Metarhizium anisopliae</i>	Metarhizium a. 5x10 ² conidios/g (Cepa Abn Ma 201)	Picudo del algodón (<i>Anthonomus grandis</i>), picudo del chile (<i>Anthonomus eugenii</i>), langosta (<i>Schistocerca</i> sp.), barrenador (<i>Aeolomyia</i> sp.) y mosca pinta (<i>Aeolomyia postica</i>).
Futureco Nofly WP	<i>Paecilomyces fumosoroseus</i>	Paecilomyces f. 18% (cepa FE 9901) (2x10 ⁹ UFC/g)	Mosca blanca (<i>Bemisia tabaci</i> , <i>Trialeurodes vaporariorum</i>)
PAE-PLUS	<i>Paecilomyces fumosoroseus</i>	Paecilomyces f. 3%.	Mosca blanca (<i>Bemisia tabaci</i>)
EDAY	<i>Verticillium lecanii</i>	Verticillium l. 6%	Pulgón (<i>Aphis gossypii</i>) y mosca blanca (<i>Bemisia tabaci</i>)
VERTI-PLUS	<i>Verticillium lecanii</i>	Verticillium l. 2.5%	Control de pulgón myzus (<i>Myzus persicae</i>) y Control de pulgón (<i>Aphis gossypii</i>)
Mycotrol	<i>Beauveria bassiana</i>	Beauveria b. cepa GHA 11.3%	Broca del café (<i>Hypothenemus hampei</i>), oruga del pino (<i>Thaumetopaea pityocampa</i>), barrenador europeo del maíz (<i>Ostrinia nubilalis</i>), Conchuela del frijol (<i>Epilachna varivestis</i>), Gusano barrenador de la caña de azúcar (<i>Diatrea magnifactella</i>), Gallina ciega del maíz (<i>Phyllophaga vetula</i> Horn)
META-SIN	<i>Metarhizium anisopliae</i>	1.2x10 ⁹ conidios de <i>Metarhizium a.</i>	Picudo de Chile (<i>Anthonomus eugenii</i>)
Productos utilizados en el extranjero			
Boverin	<i>Beauveria bassiana</i>	2x10 ⁹ UFC de <i>Beauveria b.</i>	Escarabajo de la patata de Colorado (<i>Leptinotarsa decemlineata</i>)
Metaquino	<i>Metarhizium anisopliae</i>	1x10 ⁹ conidios de <i>Metarhizium a.</i>	Araña de la caña de azúcar (<i>Perkinsiella saccharicida</i> Kirkaldy)
Mycotal	<i>Verticillium lecanii</i>	1x10 ⁹ UFC esporas de <i>Verticillium lecanii</i>	Chinche del café (<i>Euschistus servus</i> Say), mosca blanca (<i>Bemisia tabaci</i>)

Fuentes de consulta: [PortalTecnologico.com](http://portaltecnologico.com) - Búsqueda por cultivos vademécum México (portaltecnologico.com) y Akutse et al., 2020; Maina et al., 2018, Pacheco-Hernández et al., 2019

3. CONCLUSIONES FINALES Y PERSPECTIVAS

Los hongos entomopatógenos tienen un enorme potencial en el ámbito de la agricultura y pueden ser una excelente solución a muchas problemáticas relacionadas al manejo de plagas; el ser selectivos y no dejar residuos tóxicos ni contaminación, los hace una opción amigable con el medio ambiente, dando como resultado la posibilidad de tener alimentos más inocuos para consumo humano.

El conocimiento generado a través de la investigación en el área, ha demostrado que los hongos entomopatógenos tienen diferentes roles agroecológicos, muchos de los cuales, han sido muy poco estudiados, por lo que es de gran relevancia, seguir estudiando a estos extraordinarios organismos para favorecer su uso en pro de la agricultura sustentable. La búsqueda de nuevos géneros de hongos entomopatógenos, el desarrollo de nuevos productos, la optimización de condiciones para el éxito en su aplicación y la medición del impacto ecológico al ser aplicados, son aspectos que se deben seguir trabajando para asegurar que la aplicación de biopesticidas, sea una práctica bien establecida en la agricultura en México y a nivel mundial. Los avances en políticas para la reducción de la aplicación de insecticidas de origen químico y el incremento de consumidores orgánicos, sin duda ha ayudado a dar un mayor empuje a la utilización de bioinsecticidas.

4. AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Politécnico Nacional y Secretaría de Investigación y Posgrado, proyecto SIP 20221374

5. REFERENCIAS

Akutse, K. S., Subramanian, S., Maniania, N., Dubois, T., & Ekesi, S. (2020). Biopesticide research and product development in Africa for sustainable agriculture and food security—experiences from the International Centre of Insect Physiology and Ecology (ICIPE). *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 152.

Barra-Bucarei, L., Iglesias, A. F., & Torres, C. P. (2019). Entomopathogenic Fungi. In *Natural Enemies of Insect Pests in Neotropical Agroecosystems* (pp. 123–136). Springer.

Gul, H. T. ., Saeed, S. ., & Khan, F. A. (2020). Entomopathogenic Fungi as a Biological Pest Management Option: A Review. *International Journal of Research Studies in Agricultural Sciences*, 6(6). <https://doi.org/10.20431/2454-6224.0606001>

Maina, U. M., Galadima, I. B., Gambo, F. M., & Zakaria, D. (2018). A review on the use of entomopathogenic fungi in the management of insect pests of field crops. *J. Entomol. Zool. Stud*, 6(1), 27-32.

Marina Cotes A., Espinel Correal C., Torres Torres L., Villamizar L. y Zuluaga M. (2018) Control biológico de fitopatógenos, insectos y ácaros. Agrosavia. Mosquera, Colombia.

Moraes Boldini J., Prada Millán Y., Padilla Osorio J., Montenegro Gómez S., Fonseca Lara M., Mosquera Mena R., Pulido Pulido S. (2019) Capítulo 11: Control biológico. Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD. DOI:10.22490/9789586516358.11

Motta-Delgado y Murcia-Ordoñez (2011) Hongos entomopatógenos como alternativa para el control biológico de plagas. *Ambiente & Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science* 6(2):77-90 DOI:10.4136/ambi-agua.187

Pacheco Hernández, M., Reséndiz Martínez, J., & Arriola Padilla, V. J. (2019). Organismos entomopatógenos como control biológico en los sectores agropecuario y forestal de México: una revisión. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 10(56), 4–32.

Pathma, J., Kennedy, R. K., Bhushan, L. S., Shankar, B. K., & Thakur, K. (2021). Microbial Biofertilizers and Biopesticides: Nature's Assets Fostering Sustainable Agriculture. In *Recent developments in microbial technologies* (pp. 39-69). Springer, Singapore.

Piñeiro, V., Arias, J., Dürr, J., Elverdin, P., Ibáñez, A. M., Kinengyere, A., ... & Torero, M. (2020). A scoping review on incentives for adoption of sustainable agricultural practices and their outcomes. *Nature Sustainability*, 3(10), 809-820.

PortalTecnológico - Búsqueda por cultivos vademécum México (portaltecnologico.com) Consultado el 07/11/2022.

Salgado Sánchez, R. (2015). Agricultura sustentable y sus posibilidades en relación con consumidores urbanos. *Estudios Sociales (Hermosillo, Son.)*, 23(45), 113–140.

Singh, S., Kumar, V., Dhanjal, D. S., & Singh, J. (2020). Biological control agents: diversity, ecological significances, and biotechnological applications. In *Natural bioactive products in sustainable agriculture* (pp. 31-44). Springer, Singapore.

Soto, G. O. (2008). Agricultura sustentable. Una alternativa de alto rendimiento. *CIENCIA-UANL*, 11(1), 12

M. Tahat, M., M. Alananbeh, K., A. Othman, Y., & I. Leskovic, D. (2020). Soil health and sustainable agriculture. *Sustainability*, 12(12), 4859.

Vargas-González, G., de Paul Alvarez-Reyna, V., Guigón-López, C., Cano-Ríos, P., & García-Carrillo, M. (2019). Environmental impact by usage of pesticides in three melon producing areas in the Comarca Lagunera, México. *CienciaUAT*, 13(2), 113.

Vega, F. E., Goettel, M. S., Blackwell, M., Chandler, D., Jackson, M. A., Keller, S., ... & Roy, H. E. (2009). Fungal entomopathogens: new insights on their ecology. *Fungal ecology*, 2(4), 149-159.

Viera-Arroyo, W. F., Tello-Torres, C. M., Martínez-Salinas, A. A., Navia-Santillán, D. F., Medina-Rivera, L. A., Delgado-Párraga, A. G., ... & Jackson, T. (2020). Control Biológico: Una herramienta para una agricultura sustentable, un punto de vista de sus beneficios en Ecuador. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 8(2), 128-149.

Wezel, A., Casagrande, M., Celette, F., Vian, J. F., Ferrer, A., & Peigné, J. (2014). Agroecological practices for sustainable agriculture. A review. *Agronomy for sustainable*

development, 34(1), 1-20.

Zelaya-Molina, L. X., Chávez-Díaz, I. F., de los Santos-Villalobos, S., Cruz-Cárdenas, C. I., Ruíz-Ramírez, S., & Rojas-Anaya, E. (2022). Control biológico de plagas en la agricultura mexicana. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 13(SPE27), 69-79.

Zepeda-Jazo, I. (2018). Manejo sustentable de plagas agrícolas en México. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 15(1), 99-108. Recuperado en 07 de noviembre de 2022, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-54722018000100099&lng=es&tlng=es.

