



Actividad nematocida *in vitro* de tres cepas de hongos comestibles de *Pleurotus* spp. contra *Haemonchus contortus* (L3) y *Nacobbus aberrans* (J2)

Susan Fabiola Sánchez-Salgado¹, Gloria Sarahi Castañeda-Ramírez², José E. Sánchez³, Olga Gómez-Rodríguez⁴, Iván Morales-Soto², Liliana Aguilar-Marcelino^{2*}

¹ Universidad Mesoamericana, Plantel Cuernavaca. Cuernavaca, Morelos, México.

² Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad, INIFAP. Jiutepec, Morelos, México.

³ El Colegio de la Frontera Sur. Tapachula, Chiapas, México.

⁴ Fitopatología. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Texcoco, Estado de México, México.

Resumen

El objetivo del presente estudio fue evaluar la actividad nematocida *in vitro* de tres cepas del micelio del hongo comestible *Pleurotus* spp. (*P. ostreatus* cepa: 1123, *P. eryngii* cepa: 1290 y *P. djamor* cepa: 0127) contra los nematodos *Haemonchus contortus* (L₃) y *Nacobbus aberrans* (J₂). En placas Petri se cultivó durante 8 días los diferentes hongos (*P. ostreatus* cepa: 1123, *P. eryngii* cepa: 1290 y *P. djamor* cepa: 0127). Posteriormente, para la confrontación con los nematodos se utilizaron series de 10 placas con micelio de cada hongo y 10 placas sin hongo (control), para cada nematodo. Para el caso de *H. contortus*, a cada serie de cajas Petri se agregaron 2, 500 larvas infectantes (L₃) y esta confrontación fue por siete días. Por otro lado, para el bioensayo del nematodo *N. aberrans* a cada serie de placas Petri con hongo y sin hongo, se agregaron 300 larvas de *N. aberrans* (J₂) y se dejaron en confrontación durante 7 días. Los resultados muestran un porcentaje de mortalidad de *H. contortus* con un 31.34% para el hongo *P. djamor*, 87.43% con *P. eryngii* y un 81.49% con *P. ostreatus*. Respecto a la mortalidad de *N. aberrans*, los resultados muestran un 76.77% de mortalidad para *P. djamor*, un 68.05% con *P. ostreatus* y del 13.19% con *P. eryngii*. Las especies de los hongos utilizados del género *Pleurotus* spp. en el presente estudio poseen actividad nematocida, siendo *P. ostreatus* el hongo con mayor actividad contra *H. contortus* (L₃) y *N. aberrans* (J₂).

Palabras clave:

Actividad nematocida
Biocontrol
Hongo comestible
In vitro
Micelio

Keywords:

Nematicidal activity
Biocontrol
Edible mushroom
In vitro
Mycelium

Nematicidal activity *in vitro* of three strains of edible mushrooms *Pleurotus* spp. against *Haemonchus contortus* (L3) and *Nacobbus aberrans* (J2)

Abstract

The objective of the present study was to evaluate the *in vitro* nematicidal activity of three strains of the mycelium of the edible mushroom *Pleurotus* spp. (*P. ostreatus* strain: 1123, *P. eryngii* strain: 1290 and *P. djamor* strain: 0127) against the nematodes *Haemonchus contortus* (L₃) and *Nacobbus aberrans* (J₂). The different edible mushrooms (*P. ostreatus* strain: 1123, *P. eryngii* strain: 1290 and *P. djamor* strain: 0127) were cultivated in Petri dishes for 8 days. Subsequently, for the confrontation with the nematodes, series of 10 plates with mycelium of each edible mushroom and 10 plates without edible mushroom (control) were used. In the case of *H. contortus*, 2,500 infective larvae (L₃) were added to each series of Petri dishes and this confrontation lasted for seven days. On the other hand, for the bioassay of the nematode *N. aberrans* to each series of Petri dishes with and without edible mushrooms, 300 larvae of *N. aberrans* (J₂) were added and left in confrontation for 7 days. The results show a mortality percentage of *H. contortus* with 31.34% for the *P. djamor* edible mushroom, 87.43% with *P. eryngii* and 81.49% with *P. ostreatus*. Regarding the mortality of *N. aberrans*, the results show a mortality rate of 76.77% for *P. djamor*, 68.05% with *P. ostreatus* and 13.19% with *P. eryngii*. *Pleurotus* spp. fungi species used in this study have nematicidal activity. *P. ostreatus* showed significant anthelmintic activity against *H. contortus* (L₃) and *N. aberrans* (J₂).

* Autor para correspondencia:

Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad, INIFAP. Km 11 Carretera Federal Cuernavaca-Cuautla, No. 8534, Col. Progreso, C.P. 62550. Jiutepec, Morelos, México.
Teléfono: + 52 7773192860.
Correo-electrónico: aguilar.liliana@inifap.gob.mx

1. Introducción

Existen nematodos parásitos que dañan a los animales y a las plantas produciendo grandes pérdidas económicas. Un ejemplo es el parásito gastrointestinal *Haemonchus contortus* el cual afecta a los rumiantes causando la muerte en corderos (Mungia-Xochihua et al., 2013). En el caso de las plantas se encuentra un fitoparásito agallador denominado *Nacobbus aberrans*, el cual provoca pérdidas cuantiosas en la agricultura afectado alrededor de 200 cultivos, entre ellos destacan los cultivos de jitomate, chile y la papa (Jeger et al., 2018). Actualmente se utilizan tratamientos químicos para combatir los parásitos de animales y de plantas. Sin embargo, el uso y abuso de estos agentes químicos ha provocado y desencadenado el problema de la resistencia antihelmíntica afectando el medio ambiente; asimismo, los organismos benéficos como escarabajos estercoleros, pulgas de agua, lombrices, ácaros nematófagos entre otros (Manzanilla-López et al., 2002).

Actualmente se han utilizado métodos alternativos de control en conjunto para hacer un manejo integrado. Uno de estos métodos utilizados es el biocontrol con hongos comestibles (Pineda-Alegría et al., 2017). Los hongos comestibles no solo han sido apreciados como alimento, sino que tienen utilidad significativa dentro de la medicina tradicional, ya que poseen compuestos con diferentes propiedades medicinales y terapéuticas. Dentro de las múltiples propiedades medicinales y terapéuticas de estos hongos se han identificado las siguientes: 1) anti-inflamatorios, 2) anti-hipertensivos, 3) inmunomoduladores, 4) anti-virales, 5) antimicrobianos, 6) anti-cancerígenos, 7) anti-oxidantes, 8) anti-colesterolémicos, 9) anti-alérgicos, 10) insecticidas, 11) antifúngicos y recientemente estudios notificados por nuestro grupo 12) antiparasitarios principalmente como nematicidas y cestocidas (Castañeda-Ramírez et al., 2020; Velasco-Cruz et al., 2017). Con base en los estudios realizados el objetivo del presente estudio fue evaluar la actividad nematicida *in vitro* de tres cepas del hongo comestible *Pleurotus* spp. contra los nematodos *H. contortus* (L₃) y *N. aberrans* (J₂).

2. Materiales y métodos

2.1. Localización

El presente estudio se llevó a cabo en la Unidad de Helminología del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad (CENID-SAI) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) ubicada en Jiutepec, Morelos, México.

2.2. Producción de larvas infectantes (L₃) de *H. contortus*

La obtención de larvas infectantes (L₃) de *H. contortus* (cepa CENID-SAI, INIFAP), se realizó a través de un ovino donador de huevos, para lo cual se utilizó un cordero de dos meses de edad (sin previa exposición al parásito), fue mantenido bajo condiciones controladas de alojamiento y alimentación (*ad libitum*). Este cordero fue infectado artificialmente con larvas infectantes (L₃) de *H. contortus* a una dosis de 350 larvas infectantes (L₃) por kg de peso vivo,

vía oral. Después de un período de 21 días las heces fueron colectadas directamente del recto del animal infectado. Se empleó la técnica de McMaster para observar la presencia de huevos de nematodos y para estimar el número de huevos eliminados por gramo de heces (HPG). Los cultivos fueron colocados en recipientes de plástico y mezclados con partículas de poliestireno. El material fecal fue macerado y se incorporó agua con la finalidad de mantener la oxigenación y humedad adecuada de los cultivos, de esta manera promover la eclosión de los huevos. Seis días después se realizó la recuperación de las larvas infectantes (L₃) de *H. contortus* de los cultivos fecales utilizando la técnica del embudo de Baermann por un período de 24 h (Liébano et al., 2011).

2.3. Producción de larvas juveniles de *Nacobbus aberrans*

El inóculo de *N. aberrans* se obtuvo del tomate (*Solanum lycopersicum* Mill.) con raíces agallas, en el área de Fitosanidad del Colegio de Postgraduados (COLPOS), Campus Montecillo, Estado de México, México. Se incrementó la población a partir de una sola masa de huevos, los huevos se extrajeron usando el método descrito y se incubaron a 28 °C en placas de Petri con agua destilada estéril, hasta la eclosión y la obtención de juveniles (J₂), esta metodología se realizó siguiendo la técnica de Villar-Luna et al. (2009).

2.4. Producción del micelio de los hongos

El material fúngico consistente en el micelio de los hongos: *Pleurotus* spp. (*P. ostreatus* cepa: 1123, *P. eryngii* cepa: 1290 y *P. djamor* cepa: 0127) fueron proporcionadas por el Laboratorio de Hongos Tropicales del Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Sede Tapachula, Chiapas, México. Para el crecimiento de los preinóculos en medio nutritivo agar dextrosa papa (ADP), se tomó una luneta de un diámetro de 6 mm de micelio de cada cepa de *Pleurotus* spp. (*P. ostreatus* cepa: 1123, *P. eryngii* cepa: 1290 y *P. djamor* cepa: 0127) y se colocó en el centro de la placa con ADP fresco, así fue incubado durante siete días a 27 °C en oscuridad. Finalmente, de las placas de ADP donde creció cada hongo se tomó agar con micelio (0.6 mm de diámetro) y fue colocado en el centro de placas medio agua-agar al 2% y se dejó crecer por ocho días a una temperatura de 27 °C.

2.5. Experimento 1. Evaluación de la actividad *in vitro* del micelio de *Pleurotus* spp. contra larvas infectantes *H. contortus* (L₃)

Se formaron cuatro series de placas Petri, cada uno con diferente especie de hongo y cultivados en medio agua-agar al 2% durante 8 días (10 repeticiones). La serie uno sin hongo fungió como el grupo testigo (2 500 L₃), de la serie dos a la cuatro fungieron como grupos tratados (placas de Petri con el micelio de cada cepa del hongo de *Pleurotus* spp.) y con 2500 L₃. La confrontación de los tratamientos fue de siete días. Transcurrido el tiempo de confrontación las larvas

fueron recuperadas por medio de un embudo de Baermann en tubos de ensayo y se cuantificaron las larvas recuperadas en un microscopio óptico (10X y 20X).

2.6. Experimento 2. Evaluación de la actividad *in vitro* del micelio de *Pleurotus* spp. contra *N. aberrans* (J₂)

De los hongos cultivados durante 8 días en cajas Petri con medio agar-agua al 2%, se formaron tres tratamientos y un grupo testigo (10 repeticiones). La serie uno fungió como el grupo testigo, solo era el medio sin hongo con 300 larvas de *N. aberrans* (J₂), los tratamientos fueron las placas de petri con el micelio de cada cepa del hongo de *Pleurotus* spp. y en cada placa se agregó 300 larvas de *N. aberrans*. La confrontación (hongo-nematodo) se dejó durante 7 días, transcurrido el tiempo las larvas fueron recuperadas por medio de un embudo de Baermann en tubos, donde se cuantificaron las larvas recuperadas de cada placa Petri.

2.7. Análisis estadístico

La mortalidad de las larvas de ambos experimentos se obtuvo mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Mortalidad} = \frac{\text{Larvas muertas}}{\text{Larvas muertas} + \text{Larvas vivas}} \times 100$$

El análisis estadístico se realizó mediante una prueba de normalidad con el procedimiento UNIVARIATE del

programa SAS (SAS, 1999) y posteriormente el porcentaje de mortalidad fue analizado a través de un diseño completamente al azar y un análisis de varianza con el procedimiento GLM. Finalmente se realizó la comparación de las medias por una prueba del rango múltiple ($P < 0.05$).

3. Resultados

3.1. Experimento 1. Evaluación de la actividad *in vitro* del micelio de *Pleurotus* spp. contra larvas infectantes *H. contortus* (L₃)

Los resultados de la prueba de confrontación de *Pleurotus* spp. contra *H. contortus* se pueden observar en el Cuadro 1, el mayor porcentaje de mortalidad fue para el hongo *P. eryngii* cepa: 1292 con un 87.43% y para *P. ostreatus* 1123 con un 81.49% de mortalidad. Los resultados de menos porcentaje de mortalidad fueron para *P. djamor* con un 31.34%.

3.2. Experimento 2. Evaluación de la capacidad letal *in vitro* del micelio de *Pleurotus* spp. contra *N. aberrans* (J₂)

Los resultados de la prueba se pueden observar en el Cuadro 2, donde el mayor porcentaje de mortalidad fue para *P. djamor* con un 76.77% y *P. ostreatus* 1123 con un 68.05% de mortalidad contra las larvas de *N. aberrans* J₂. Los resultados de menos porcentaje de mortalidad fueron para *P. eryngii* 01290 con 13.19% contra las larvas de *N. aberrans*.

Cuadro 1. Evaluación de la capacidad letal *in vitro* del micelio de las tres cepas: *P. ostreatus* cepa (1123) *P. eryngii* cepa (1290) y *P. djamor* cepa (0127) contra larvas infectantes *H. contortus* (L₃).

Grupos	Larvas muertas ($\bar{x} \pm DE$)	C.V. (%)	Mortalidad (%)
Testigo <i>Haemonchus contortus</i> (L ₃)	17.2±5.0	82.4	17.22 ^a
Tratado <i>H. contortus</i> (L ₃) y <i>P. djamor</i>	14.5±4.54	31.1	31.34 ^a
Tratado <i>H. contortus</i> (L ₃) y <i>P. eryngii</i>	62±37.5	60.6	87.43 ^b
Tratado <i>H. contortus</i> (L ₃) y <i>P. ostreatus</i>	52.3±22.7	43.5	81.49 ^b

n = 10. DE = Desviación estándar. Letras iguales en la misma columna indican que los valores no difieren estadísticamente, según prueba de Duncan ($P < 0.05$).

Cuadro 2. Evaluación de la capacidad letal *in vitro* del micelio de las tres cepas: *P. ostreatus* cepa (1123) *P. eryngii* cepa (1290) y *P. djamor* cepa (0127) contra *N. aberrans* (J₂).

Grupos (<i>N. aberrans</i> J ₂)	Larvas muertas ($\bar{x} \pm DE$)	C.V. (%)	Mortalidad (%)
Testigo <i>N. aberrans</i> (J ₂)	2.7±1.8	65.4	1.22 ^a
Tratado <i>N. aberrans</i> (J ₂) y <i>P. djamor</i>	53.2±13.1	24.72	76.77 ^c
Tratado <i>N. aberrans</i> (J ₂) y <i>P. eryngii</i>	13.8±9.0	65.1	13.19 ^b
Tratado <i>N. aberrans</i> (J ₂) y <i>P. ostreatus</i>	34.7±12.65	36.36	68.05 ^c

n = 10. DE = Desviación estándar. Letras iguales en la misma columna indican que los valores no difieren estadísticamente, según prueba de Duncan ($P < 0.05$).

4. Discusión

Los hongos comestibles poseen un alto valor nutrimental (carbohidratos y proteínas) (Salmones, 2017), múltiples propiedades medicinales y antiparasitarias (Pineda-Alegría et al., 2017), capacidad biodegradativa (Rajaratnam et al., 1998), biorremediación (Salmones, 2017). Por otra parte, Thorn y Barron (1984) demostraron que diez especies de hongos comestibles, incluido el hongo “seta” (*P. ostreatus*), atacan y consumen nematodos, se sugiere que estos hongos de

descomposición de la madera utilizan los nutrientes de sus presas para complementar los bajos niveles de nitrógeno disponibles en la madera. Este modo de nutrición es similar al de las plantas.

Por otro lado, se ha identificado el mecanismo de acción del hongo comestible *Pleurotus* spp. contra el nematodo de vida libre (*Panagrellus redivivus*) mediante la producción de una nematotoxina durante la interacción hongo-nematodo, está toxina contiene principalmente ácidos grasos (Castañeda-Ramírez et al., 2020; Pineda-Alegría et al., 2017).

Los resultados obtenidos de la confrontación contra *H. contortus* (L₃) mostraron un mayor porcentaje de mortalidad del hongo *P. eryngii* (cepa: 1292) con un 87.43, respecto al hongo *P. ostreatus* (cepa: 1123) mostró un porcentaje del 81.49 de mortalidad. El hongo que presentó el menor porcentaje fue *P. djamor* (cepa: 0127) con un 31.34.

Por otra parte, Rodríguez-Díaz (2015) evaluó extractos del sustrato agotado de los hongos del género *Pleurotus* spp. contra los huevos de *H. contortus*, presentando una actividad ovicida del 47% a una concentración de 20 mg mL⁻¹ a las 72 h de postratamiento.

Pineda-Alegría et al. (2017) realizaron un estudio químico biodirigido a partir de cuerpos fructíferos del hongo *P. djamor* obteniendo fracciones metanólicas las cuales fueron evaluadas de forma *in vitro* contra huevos y larvas infectantes (L₃) de *H. contortus*. Dichas fracciones metanólicas presentaron actividad contra huevos en un 100% a una concentración de 10 mg mL⁻¹ a las 72 h; sin embargo, no hubo actividad contra larvas infectantes (L₃) de *H. contortus*. Existen varios estudios de hongos comestibles (*P. djamor* y *P. ostreatus*) que se han evaluado contra diferentes estadios del nematodo parásito de ovinos *H. contortus* en México (Aguilar-Marcelino et al., 2017; Castañeda-Ramírez et al., 2020; Colmenares-Cruz et al., 2021; Comans-Peréz et al., 2021; Cuevas-Padilla et al., 2018; Rodríguez-Barrera et al., 2021; Valdez-Uriostegui et al., 2021). Sin embargo, respecto al hongo *P. eryngii* contra el nematodo *H. contortus* no se ha estudiado lo suficiente.

En el estudio notificado por Rodríguez-Díaz (2015) se observó un bajo porcentaje de mortalidad (31.34%) del nematodo *H. contortus* utilizando el hongo *P. djamor*. Este efecto pudiera ser debido a que fue un extracto de micelio y no del cuerpo fructífero. Este tipo de variación en la actividad antihelmíntica se observó debido a la variedad de los metabolitos en las diferentes partes del hongo (Rodríguez-Díaz, 2015). Para el caso del *P. ostreatus* los porcentajes notificados fueron similares a lo encontrado en el presente estudio.

Los estudios de evaluaciones de hongos comestibles contra *N. aberrans* son escasos. Se evaluaron los extractos acuosos de la parte aérea del hongo *R. communis* estos fueron efectivos para la mortalidad *in vitro* y la reducción de agallas en las raíces de plantas de pimiento infectadas con el nematodo agallador de la raíz, *N. aberrans* (Mareggiani et al., 2005). Así también, Franco-Navarro (2009) notificó una reducción de la modulación de *N. aberrans* en la papa, comparado con el grupo testigo utilizando un extracto de las plantas medicinales de *Nacetum cinerariifolium* y *Minthostachys mollis*.

Se han realizado estudios para el control de este parásito utilizando bacterias y hongos micromicetos. Franco-Navarro et al. (2009) evaluaron al hongo *Pochonia chlamydosporia* y notificaron un 84% de reducción de huevos del nematodo *N. aberrans* en un 81.2% en comparación con las plantas del grupo testigo. También se evaluó *P. chlamydosporia* de cinco aislamientos en México del hongo sobre los huevos del

nematodo fue superior al 60%, lo cual se coloca como candidatos para ser usados en el control biológico del fitoparásito *N. aberrans* (Flores-Camacho et al., 2008).

Esta actividad contra los nematodos ha sido notificada debido a una toxina de *P. ostreatus* (NRRL3526) que inmoviliza hasta un 95% de los nematodos (*P. redivivus*) dentro de 1 hora a 300 ppm de concentración (Kwok et al., 1992). Aunque existen diferencias entre *H. contortus* y *N. aberrans*, el primero es un nematodo abomasal que puede habitar en los pequeños rumiantes, y *N. aberrans* es un fitonematodo el cual afecta a las plantas.

El nematodo *H. contortus* se encuentra cubierto por una vaina en el estadio L₃ la cual se desprende cuando es ingerida por el rumiante, en el caso de *N. aberrans* se encuentran cubiertos por quitina que los protege, mientras que *Haemonchus* tiene una alta prevalencia y para el caso de *Nacobbus* la prevalencia es baja. Se observó que el hongo *P. ostreatus* mostró uno de los porcentajes más altos de mortalidad contra las dos especies de nematodos.

Agradecimientos

A la MC. Marilem Rodríguez-Labastida y C. Itzayana Díaz-Nuriulú por la asistencia técnica. Este estudio formó parte del trabajo de tesis realizado por Susan Fabiola Sánchez-Salgado para obtener el título de Veterinaria Zootécnica Clínica de la Universidad Mesoamericana, Cuernavaca, Morelos, México, bajo la dirección de la Dra. Gloria Sarahi Castañeda-Ramírez y la Dra. Liliana Aguilar-Marcelino. El presente artículo de fue financiado parcialmente por el proyecto Problemas Nacionales, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México (CONACYT), número 9342634372.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias

- Aguilar-Marcelino L, Sánchez JE, Mendoza de Gives P. 2017. Uso biotecnológico de productos obtenidos a partir de *Pleurotus* spp. en el control de nematodos parásitos de importancia pecuaria. En: Sánchez JE, Royse D. (eds). La biología, el cultivo y las propiedades nutricionales y medicinales de las setas *Pleurotus* spp. San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México. ECOSUR. Pp. 297-309.
- Castañeda-Ramírez GS, Torres-Acosta JFJ, Sánchez JE, Mendoza de Gives P, González-Cortazar M, Zamilpa A, Al-Ani LKT, Sandoval-Castro C, Soares FEF, Aguilar-Marcelino L. 2020. Biotechnological use of edible mushrooms bio-products for controlling plant and animal parasitic nematodes. *Biomed Research International* 2020: 6078917.
- Colmenares-Cruz S, González-Cortazar M, Castañeda-Ramírez GS, Andrade-Gallegos RH, Sánchez JE, Aguilar-Marcelino L. 2021. Nematocidal activity of hydroalcoholic extracts of spent substrate of *Pleurotus djamor* on L₃ larvae of

- Haemonchus contortus*. Veterinary Parasitology 300: 109608.
- Comans-Pérez RJ, Sánchez JE, Al-Ani LKT, González-Cortázar M, Castañeda-Ramírez GS, Mendoza de Gives P, Sánchez-García AD, Millán-Orozco J, Aguilar-Marcelino L. 2021. Biological control of sheep nematode *Haemonchus contortus* using edible mushrooms. Biological Control 152: 104420.
- Cuevas-Padilla J, Aguilar-Marcelino L, Sánchez JE, González-Cortázar M, Zamilpa-Álvarez A, Huicochea-Medina M, López-Arellano ME, Mendoza de Gives P, Hernández-Velázquez VM, González-Garduño R. 2018. A *Pleurotus* spp. hydroalcoholic fraction possess a potent *in vitro* ovidical activity against the sheep parasitic nematode *Haemonchus contortus*. En: Sánchez JE, Mata D, Royse J. (eds). Updates on tropical mushrooms. Basic and Applied Research. ECOSUR, Chiapas, México. Frontera Sur/Ed. Limusa. México, D.F. Pp. 141-156.
- Flores-Camacho R, Atkins SD, Manzanilla-López RH, Prado-Vera IC, Martínez-Garza A. 2008. Caracterización de aislamientos mexicanos de *Pochonia chlamydosporia* var. *Chlamydosporia* (Goddard) Gams y Zare para el control biológico de *Nacobbus aberrans* (Thorne) Thorne y Allen. Revista Mexicana de Fitopatología 26(2): 93-104.
- Franco-Navarro F, Vilchis-Martínez K, Miranda-Damian J. 2009. New records of *Pochonia chlamydosporia* from Mexico: isolation, root colonization and parasitism of *Nacobbus aberrans* eggs. Nematropica, 39: 133-142.
- Jeger M, Bragard C, Caffier D, Candresse T, Chatzivassiliou E, Dehnen-Schmutz K, Gilioli G, Gregoire JC, Jaques-Miret JA, MacLeod A, Navajas Navarro M, Parnell S, Pottting R, Rafoss T, Rossi V, Urek G, Van-Bruggen A, Van-der-Werf W, West J, Winter S, Kaluski T, Niere B. 2018. Pest categorisation of *Nacobbus aberrans*. EFSA Journal 16(4): 5249.
- Kwok OCH, Plattner R, Weisleder D, Wicklow DT. 1992. A nematocidal toxin from *Pleurotus ostreatus* NRRL 3526. Journal of Chemical Ecology 18: 127-136.
- Liébano EF, López-Arellano ME, Mendoza de Gives P, Aguilar LM. 2011. Manual de diagnóstico para la identificación de larvas de nematodos gastrointestinales en rumiantes. Publicación Especial No. 2. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias INIFAP. Morelos, México. Pp 1-44.
- Manzanilla-López RH, Costilla MA, Doucet M, Franco J, Inserta RN, Lehman PS, Cid-del-Prado-Vera I, Souza RM, Evans K. 2002. The genus *Nacobbus* Thorne and Allen, 1944 (Nematoda: Pratylenchidae): Systematics, distribution, biology and management. Nematropica 32: 149-227.
- Mareggiani G, Zamuner N, Michetti M, Franzetti D, Collavino C. 2005. Impacto de los extractos naturales en organismos del suelo objetivo y no objetivo. Boletín de Sanidad Vegetal, Plagas, Buenos Aires 31(3): 443-448.
- Mungia-Xochihua JA, Valenzuela-Medrano W, Leyva-Corona JC, Morales-Pablos JA, Figueroa-Castillo JA. 2013. Potencial del óregano como alternativa natural para controlar *Haemonchus contortus* en ovinos de pelo. Revista Latinoamericana de Recursos Naturales 9(1): 150-154.
- Pineda-Alegría JE, Sánchez-Vázquez JE, González-Cortázar M, Zamilpa A, López-Arellano ME, Cuevas-Padilla EJ, Mendoza-de-Gives P, Aguilar-Marcelino L. 2017. The edible mushroom *Pleurotus djamor* produces metabolites with lethal activity against the parasitic nematode *Haemonchus contortus*. Journal of Medicinal Food 20: 1184-1192.
- Rajarathnam S, Shashirekha MNJ, Bano Z. 1998. Biodegradative and biosynthetic capacities of mushrooms: Present and future strategies. Critical Reviews in Biotechnology 18(2-3): 91-236.
- Rodríguez-Díaz EF. 2015. Evaluación *in vitro* de extractos hidroalcohólicos del sustrato agotado del hongo *Pleurotus djamor* en contra de huevos y larvas infectantes de *Haemonchus contortus*. Tesis de Licenciatura en Ingeniería en Biotecnología. Universidad Politécnica del Estado de Morelos. México. 1-92.
- Rodríguez-Barrera TM, Téllez-Téllez M, Sánchez JE, Castañeda-Ramírez GS, Acosta-Urdapilleta ML, Bautitsa-Garfias CR, Aguilar-Marcelino L. 2021. Edible mushrooms of the genus *Pleurotus* as biocontrol agents of parasites of importance for livestock. Scientia Fungorum 52: e1375.
- Salmones D. 2017. *Pleurotus djamor*, un hongo con potencial aplicación biotecnológica para el neotrópico. Scientia Fungorum 46: 73-85.
- SAS. 1999. Sistema de análisis estadístico, métodos estadísticos. SAS Institute Inc., Cary, Carolina del Norte.
- Thorn RG and Barron GL. 1984. Carnivorous mushrooms, Science, 224: 76-78.
- Valdez-Uriostegui LA, Sánchez-García AD, Zamilpa A, Sánchez JE, González-Garduño R, Mendoza-de-Gives P, Castañeda-Ramírez GS, González-Cortázar M, Aguilar-Marcelino L. 2021. *In vitro* evaluation of hydroalcoholic extracts of mycelium, basidiomata and spent substrate of *Pleurotus ostreatus* against *Haemonchus contortus*. Tropical and Subtropical Agroecosystems 24(2): 62.
- Velasco-Cruz E, Romero-Flores J, Serralde-Ulises B. 2017. Hongos macroscópicos y microscópicos. Instituto Politécnico Nacional CICS UMA. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Villar-Luna E, Reyes-Trejo B, Rojas-Martínez RI, Gómez-Rodríguez O, Hernández-Anguiano AM, Zavaleta-Mejía E. 2009. Respuesta hipersensitiva en el follaje de chile cm-334 resistente a *Phytophthora capsici* infectado con *Nacobbus aberrans*. Nematropica 39(1): 143-155.