

Universidad Católica de Santa María
Facultad de Ciencias Farmacéuticas, Bioquímicas y Biotecnológicas
Escuela Profesional de Ingeniería Biotecnológica



***Paecilomyces lilacinus* como controlador biológico del nematodo agallador
Meloidogyne spp en el cultivo de tomate *Solanum lycopersicum***

Tesis presentada por la Bachiller:

Mora Roque, Julissa Milagros

ORCID: 0009-0005-2251-1930

para optar el Título Profesional de Ingeniero Biotecnólogo

Asesora:

Dr. Bardales Alvarez, Roxana Margarita

ORCID: 0000-0002-5137-4067

Arequipa – Perú

2025

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

INGENIERIA BIOTECNOLOGICA

TITULACIÓN CON TESIS

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 06 de Junio del 2025

Dictamen: 008644-C-EPIB-2025

Visto el borrador del expediente 008644, presentado por:

2012701392 - MORA ROQUE JULISSA MILAGROS

Titulado:

**PAECILOMYCES LILACINUS COMO CONTROLADOR BIOLÓGICO DEL NEMATODO AGALLADOR
MELOIDOGYNE SPP EN EL CULTIVO DE TOMATE SOLANUM LYCOPERSICUM**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

Título Profesional/Título de Segunda Especialidad/Grado Académico a optar:

INGENIERO BIOTECNOLOGO

**29520165 - TORRES VELA FERNANDO ANTERO
DICTAMINADOR**



**42098888 - CORDOVA BARRIOS CINTHIA CAROL
DICTAMINADOR**



**29728642 - VALDIVIA CARPIO WILLY ANIBAL
DICTAMINADOR**



Paecilomyces lilacinum como controlador biológico del nematodo agallador Meloidogyne spp en el cultivo de tomate Solanum lycopersicum

INFORME DE ORIGINALIDAD

11 %	12 %	3 %	3 %
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	funica.org.ni Fuente de Internet	3 %
2	A. I. Mitu, F. M. Aminuzzaman, T. Kibria, J. Shammi, A. A. Faria, Md. Omar Kayess. "Application of Paecilomyces lilacinus to suppress the Meloidogyne incognita and promote the growth of some selected vegetables", Discover Agriculture, 2025 Publicación	1 %
3	link.springer.com Fuente de Internet	1 %
4	repositorio.utea.edu.pe Fuente de Internet	1 %
5	oa.upm.es Fuente de Internet	1 %
6	scielo.sld.cu Fuente de Internet	1 %
7	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	1 %
8	www.tec.ac.cr Fuente de Internet	1 %
9	www.mdpi.com Fuente de Internet	1 %

Dedicatoria

A Dios, por ser mi guía constante, por darme fuerzas cuando más lo necesitaba y por llenar de luz los momentos más oscuros. Gracias por enseñarme a confiar incluso cuando el camino parecía incierto.

A mi hija, Sofía Victoria porque en ti encontré la razón más poderosa para continuar. Has transformado mi vida para bien, dándole un sentido nuevo a cada paso que doy. Este logro es también tuyo, y deseo que te inspire a creer en ti siempre.

A mi esposo, Edson Arturo por su amor incondicional, por estar presente en cada paso y por sostenerme con paciencia y comprensión. Gracias por caminar conmigo, por escucharme, y sobre todo, por empoderarme con tu apoyo, tus palabras y tu fe en lo que soy capaz de lograr. Gracias por hacerme sentir fuerte, valiosa y capaz incluso en mis momentos más vulnerables.

A mi madre, Margot por darlo todo por mí, por su amor que no conoce límites, y por estar siempre presente en cada etapa de mi vida. Gracias por corregirme con cariño cuando me equivoco, por enseñarme con firmeza y por recordarme que incluso en el error hay aprendizaje. Tu guía amorosa ha sido fundamental para llegar hasta aquí.

A mi padre, Luis Alberto por acompañarme sin presiones, por brindarme su apoyo sin condiciones ni juicios. Gracias por respetar mis tiempos, por estar cuando lo necesité y por hacerme sentir aceptada y libre de ser yo misma.

Julissa Milagros Mora Roque

Agradecimientos

A Dios, por ser mi guía constante, por darme fortaleza en los momentos difíciles y por llenar de luz cada paso de este camino.

A quienes han sido fuente de inspiración, apoyo y motivación a lo largo de este proceso. Este logro es también el reflejo del acompañamiento silencioso, del amor expresado en gestos simples y de la fe compartida en cada etapa.

Dedico este trabajo a todos aquellos que creyeron en mí, incluso cuando yo misma lo dudaba.



RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo analizar la evidencia científica disponible sobre la eficacia del hongo *Paecilomyces lilacinus* como agente de control biológico frente al nematodo agallador *Meloidogyne* spp. en el cultivo de tomate, con el fin de evaluar su potencial dentro de un manejo integrado, ecológico y sostenible. Metodológicamente, se realizó una revisión sistemática conforme a la guía PRISMA 2020. Se consultaron tres bases de datos especializadas (Web of Science, Scopus y Science Direct) considerando estudios publicados rigurosamente entre 2015 y 2025. Se aplicaron criterios de inclusión y exclusión estrictos, enfocándose en investigaciones que evaluaran el efecto de *P. lilacinus* sobre *Meloidogyne* spp. en tomate, tanto in vitro como en condiciones controladas de invernadero o campo. La calidad metodológica y el riesgo de sesgo de cada uno de los estudios fueron analizados mediante herramientas adaptadas a investigaciones agronómicas para asegurar la fiabilidad de la síntesis. Tras la selección de once estudios de alta calidad metodológica, los resultados demostraron una marcada eficacia de *P. lilacinus*. En ensayos in vitro, se reportó una eficacia ovicida superior al 95% y mortalidades de juveniles J2 de hasta 97.6%. Bajo condiciones de invernadero, el hongo logró reducir el número de agallas en un rango de 60 a 78%, y su aplicación combinada con otros productos o fumigantes arrojó resultados que se acercaron notablemente a los obtenidos con nematicidas químicos. Adicionalmente, se constató una mejora significativa en el desarrollo vegetativo, con aumentos en biomasa aérea que superaron el 160% en algunos casos, y la eficacia del hongo se incrementó con la aplicación previa o combinada con fumigantes. En conclusión, la evidencia científica posiciona a *P. lilacinus* como una alternativa robusta, eficaz y sostenible frente a *Meloidogyne* spp., con ventajas importantes para la sostenibilidad ambiental. Su versatilidad para actuar sobre distintas fases del ciclo del nematodo, junto a su probada capacidad bioestimulante en el crecimiento de la planta, lo consolidan como un insumo estratégico y valioso para el desarrollo de programas de manejo biológico integrado en el cultivo de tomate.

Palabras clave: *Paecilomyces lilacinus*, *Meloidogyne* spp., *Solanum lycopersicum*.

ABSTRACT

This study aimed to analyze the available scientific evidence on the efficacy of the fungus *Paecilomyces lilacinus* as a biological control agent against the root-knot nematode *Meloidogyne* spp. in tomato crops, in order to evaluate its potential within an integrated, ecological, and sustainable management system. Methodologically, a systematic review was conducted according to the PRISMA 2020 guidelines. Three specialized databases (Web of Science, Scopus, and ScienceDirect) were consulted, considering studies rigorously published between 2015 and 2025. Strict inclusion and exclusion criteria were applied, focusing on research that evaluated the effect of *P. lilacinus* on *Meloidogyne* spp. in tomatoes, both in vitro and under controlled greenhouse or field conditions. The methodological quality and risk of bias of each study were analyzed using tools adapted to agronomic research to ensure the reliability of the synthesis. Following the selection of eleven methodologically sound studies, the results demonstrated the marked efficacy of *P. lilacinus*. In in vitro assays, ovicidal efficacy exceeding 95% and J2 juvenile mortality rates of up to 97.6% were reported. Under greenhouse conditions, the fungus reduced the number of galls by 60 to 78%, and its application in combination with other products or fumigants yielded results remarkably close to those obtained with chemical nematicides. Additionally, a significant improvement in vegetative development was observed, with increases in aboveground biomass exceeding 160% in some cases, and the fungus's efficacy increased with prior or combined application with fumigants. In conclusion, the scientific evidence positions *P. lilacinus* as a robust, effective, and sustainable alternative to *Meloidogyne* spp., offering significant advantages for environmental sustainability. Its versatility in acting on different phases of the nematode cycle, along with its proven biostimulant capacity in plant growth, consolidate it as a strategic and valuable input for the development of integrated biological management programs in tomato cultivation.

Keywords: *Paecilomyces lilacinus*, *Meloidogyne* spp., *Solanum lycopersicum*.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO	3
1. MARCO TEÓRICO	4
1.1. Aspectos generales del cultivo.....	4
1.2. Importancia del cultivo de tomate en el Perú	4
1.3. Descripción botánica	5
1.3.1. Taxonomía y morfología.	5
1.4. Aspectos generales del nematodo <i>Meloidogyne</i> spp.	5
1.4.1. Taxonomía.....	5
1.4.2. Características morfológicas.....	6
1.4.2.1. Hembras.....	6
1.4.2.2. Machos.....	7
1.4.2.3. Juveniles.	8
1.4.3. <i>Meloidogyne</i> spp.	8
1.4.4. Sintomatología	12
1.5. Mecanismos de resistencia de la interacción <i>Meloidogyne</i> spp. en tomate.	12
1.6. Control biológico.....	14
1.6.1. Hongos nematófagos	14
1.6.1.1. Hongo nematófago <i>Paecilomyces lilacinum</i>	15
1.6.1.1.1. Clasificación taxonómica	15
1.6.1.1.2. Generalidades	15
1.6.1.1.3. Modo de acción de <i>Paecilomyces lilacinus</i> contra <i>Meloidogyne</i> spp:	16

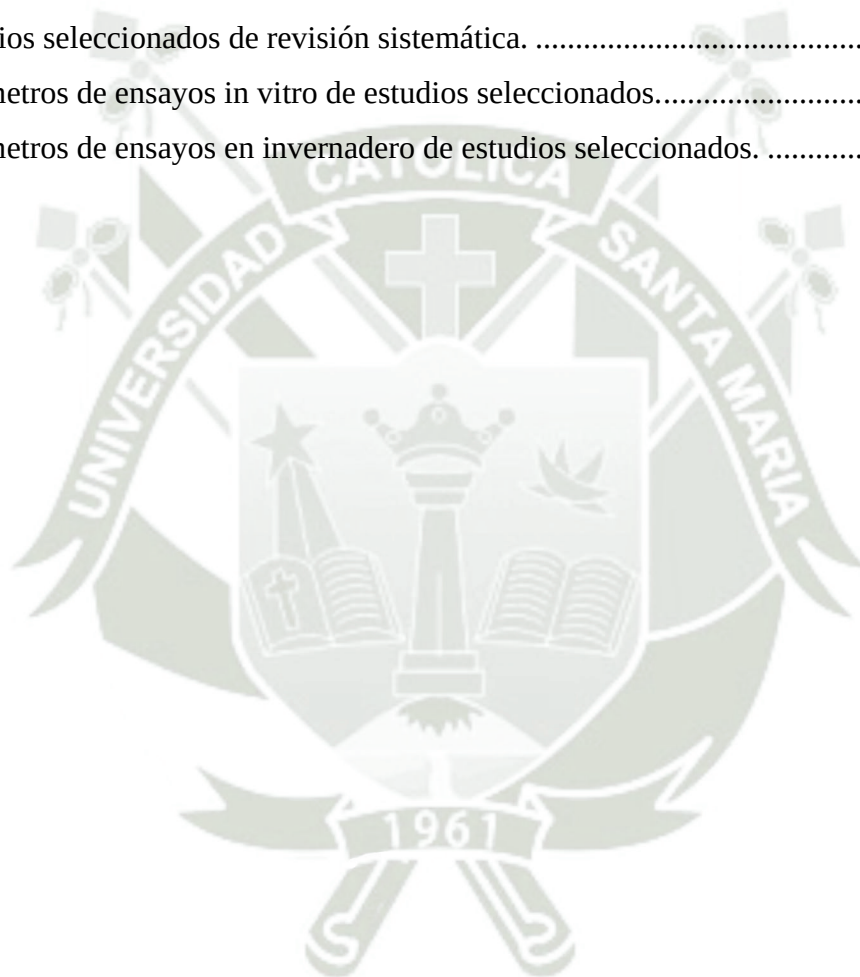
1.6.1.1.4. Uso y manejo del controlador biológico base de <i>Paecilomyces lilacinus</i>	18
1.6.1.1.5. Aplicación de <i>Paecilomyces lilacinus</i>	19
1.7. Productos comerciales a base de <i>Paecilomyces</i> . Certificados en el Perú, indicaciones:	19
2.6. Producción artesanal de <i>Paecilomyces lilacinus</i> en el Perú. (Universidad nacional Agraria).....	21
2.6.1. Sala de preparación	22
2.6.2. Sala de inoculación	22
2.6.3. Sala de incubación y secado	22
2.6.4. Aislamiento e identificación de <i>P. lilacinus</i>	23
2.6.7. Preparación del hongo patrón.....	24
2.6.8. Esterilización de arroz y materiales	24
2.6.9. Inoculación de las bolsas	24
2.6.10. Incubación y crecimiento del hongo	25
CAPÍTULO II METODOLOGÍA.....	26
3. METODOLOGÍA	27
3.1. METODOLOGÍA DE LA REVISION SISTEMÁTICA.....	27
3.1.1. Método de revisión	27
3.1.2. Cribado	28
3.1.2.1. Elegibilidad.....	28
3.1.2.2. Criterios de exclusión	28
3.1.3. Evaluación de estudios incluidos.....	29
3.1.3.1. Evaluación de la calidad metodológica	29
3.1.3.2. Evaluación del riesgo de sesgo	30
3.1.4. Extracción y síntesis de datos	32
CAPÍTULO III RESULTADOS	33
3.2. RESULTADOS.....	34
3.2.1. Identificación, cribado y elegibilidad	34

3.2.2. Resultados de extracción de datos.....	37
3.3. DISCUSIONES	43
4. PERSPECTIVAS FUTURAS	46
5. CONCLUSIONES.....	47
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA.....	48
ANEXOS.....	56



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Producción, rendimiento y superficie cultivada de tomate en Perú	4
Tabla 2. Indicadores de evaluación de calidad metodológica de estudios agronómicos.	30
Tabla 3. Indicadores de evaluación de riesgo de sesgo de estudios agronómicos.	31
Tabla 4. Evaluación de calidad metodológica de estudios elegidos	36
Tabla 5. Evaluación de riesgo de sesgo de estudios elegidos	37
Tabla 6. Estudios seleccionados de revisión sistemática.	38
Tabla 7. Parámetros de ensayos in vitro de estudios seleccionados.....	39
Tabla 8. Parámetros de ensayos en invernadero de estudios seleccionados.	41



ÍNDICE FIGURAS

Figura 1. Hembra de género <i>Meloidogyne</i>	6
Figura 2. Macho de género <i>Meloidogyne</i>	7
Figura 3. Ciclo de vida del nemátodo de género <i>Meloidogyne</i>	10
Figura 4. Morfología de <i>P. lilacinus</i>	16
Figura 5. Modo de acción de <i>Paecilomyces lilacinus</i>	17
Figura 6. Diagrama de flujo PRISMA 2020 para el proceso de selección de estudios	35



INTRODUCCION

El tomate (*Solanum lycopersicum*) es una importante hortaliza a nivel mundial (1). El ambiente donde se desarrolla el cultivo se enfrenta constantemente a patógenos como: hongos, virus, bacterias y nematodos. Este último de importancia económica por generar pérdidas económicas que pueden alcanzar hasta el 50% del cultivo dependiendo de las condiciones y nivel de infestación (2).

Por su parte, existe una amplia variedad de géneros de nematodos fitopatógenos, siendo el principal en la planta de tomate, el nematodo agallador *Meloidogyne* spp. Las plantas infectadas con *Meloidogyne* spp. muestran síntomas típicos de reducción de crecimiento en las plantas, desarrollo deficiente de las raíces, y debido al deterioro del sistema radical, las plantas infectadas muestran síntomas de deficiencia de nutrientes (3). Este patógeno se ha convertido en una limitación importante para el cultivo de tomate. En efecto, pueden llegar a perjudicar seriamente en el cultivo, causando pérdidas de rendimiento.

Durante las últimas décadas el manejo de los nematodos se ha realizado por medio de productos nematicidas sintéticos. Sin embargo, estos productos resultan inefectivos cuando las poblaciones de nematodos son altas, en consecuencia, pueden generar resistencia (4). Adicionalmente, el peligro que estos productos representan para la salud ambiental y humana, genera evidente preocupación que deriva en la búsqueda de alternativas ambientalmente seguras y económicamente factibles para el manejo de las poblaciones de nematodos (5).

Una alternativa importante para el control de nemátodos fitopatógenos son los hongos nematófagos los cuales se comportan como hongos endoparásitos que utilizan sus esporas para infectar nematodos (6), es decir viven en el interior del mismo utilizándolos como su única fuente de nutrientes. Existen diversos hongos capaces que actuar como biocontroladores en nematodos (7), sin embargo, el más importante es el hongo *Paecilomyces lilacinus*, del cual mediante investigaciones se ha demostrado el potencial que posee como agente biocontrolador (8).

Paecilomyces spp. es un hongo que puede hallarse en cualquier región del mundo conocido fundamentalmente por su acción nematófaga en el control de *Meloidogyne* spp. como un agente

de control biológico, así como también bioestimulantes del crecimiento vegetal optimizando el rendimiento del cultivo (9). Este nematofago, puede actuar en diferentes etapas de desarrollo del nematodo infectando desde los huevos, así como en los diferentes estadios del nematodo. Es importante mencionar que *P. lilacinus* debido a que posee una alta tasa de producción de esporas en diversos sustratos es posible obtener una producción comercial viable, eficiente para su uso en la agricultura (10).

Por ello, esta investigación tiene como objetivo realizar la revisión sistemática sobre *Paecilomyces lilacinus* como controlador biológico del nematodo agallador *Meloidogyne* spp en el cultivo de tomate *Solanum lycopersicum* con la finalidad de analizar su capacidad de control y efectividad tanto en huevos como en juveniles de segundo estadio (J2), así como su impacto en la reducción de agallas, densidad poblacional y mejora del desarrollo de la planta.

Se trabajó con un alto rigor científico puesto que se tuvo como base la guía metodológica internacional PRISMA 2020 (55), que permite desarrollar un análisis sistemático, completo, explícito y reproducible de la información mostrada. La búsqueda de información se llevó a cabo en tres bases de fuentes confiables de información tales como SCOPUS, Web of science y Science Direct, consideraron elegibles aquellos artículos científicos originales, en idioma español o inglés desde el año 2015 hasta el año 2025, que consideraron estudios in vitro o in vivo sobre el control de *Meloidogyne* spp, y que incluyeron *Paecilomyces. lilacinus* como agente de control biológico situado en el contexto del cultivo del tomate. Se excluyeron las revisiones, capítulos de libro, comunicaciones cortas, cartas al editor, comentarios, resúmenes de congresos sin desarrollo, tesis no publicadas, y aquellos estudios que no mostraron resultados específicos sobre los puntos de interés.

A través de esta recopilación, evaluación, síntesis, análisis y discusión de estudios científicos relevantes, se busca proporcionar una visión actualizada del uso de *Paecilomyces lilacinus* como alternativa sostenible frente a los nematocidas químicos, considerando su eficacia con diferentes cepas, momentos de aplicación, dosis y combinaciones con otros agentes de control biológico.



CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Aspectos generales del cultivo.

La planta de tomate (*Solanum lycopersicum L.*), un cultivo importante en muchas partes del mundo, tiene sus raíces en la región andina de Sudamérica, concretamente en Perú, Ecuador y Bolivia. Se piensa que las comunidades originarias transportaron el tomate a América Central, donde creció de manera silvestre, y posteriormente, los europeos lo introdujeron en otras regiones del mundo. En realidad cuando los europeos llegaron, el tomate solo se cultivaba en México. (10).

1.2. Importancia del cultivo de tomate en el Perú

La producción de tomate en el país esta cerca de las 225mil t (Tabla 1), aunque la superficie dedicada a su cultivo se ha disminuido al menos un 7% (respecto al año 2021), quedando en unos 5.212 (Has). El rendimiento promedio nacional se mantiene alrededor de 43 t/ha, pero existen diferencias visibles según la región. Por ejemplo, en Ica se alcanzan rendimientos de hasta 80 t/ha, y junto con Lima, estas dos zonas concentran cerca del 70% de la producción nacional de tomate. Las principales áreas productivas se encuentran en Lima (distritos como Rímac, Chillón y Lurín), así como en Barranca, Huacho, Cañete, La Libertad, Ica, Huaral-Chancay, Arequipa y Lambayeque. (11).

Tabla 1. Producción, rendimiento y superficie cultivada de tomate en Perú 2023 (57).

	Producción (Ton/año)	Rendimiento (t/ha)	Superficie cultivada (Has)
Perú	225.946	43.354	5.212,00

Fuente: FAO (56)

1.3.Descripción botánica

1.3.1. Taxonomía y morfología.

El tomate es una especie vegetal de tipo dicotiledóneo que compone la familia Solanaceae. Desde la perspectiva taxonómica, se ubica dentro del Reino Plantae, Subreino Traqueobionta, Superdivisión Spermatophyta, Clase Magnoliopsida, Subclase Asteridae, Orden Solanales, Suborden Solanineae, con clasificación final en el género Solanum y la especie Lycopersicum (12). Esta hortaliza representa una de las solanáceas de mayor propagación a nivel mundial y cuenta además con una gran diversidad de especies silvestres (13). Hay que destacar la gran versatilidad de la planta del tomate, puesto que puede crecer extendiéndose sobre el suelo, mantenerse semierecta o alcanzar un porte erguido. Sus raíces se organizan en una principal, corta y delicada, acompañada de muchas raíces secundarias más fuertes y de raíces adventicias que le brindan mayor soporte. El tallo central, que suele medir entre 2 y 4 cm de grosor, da origen a las hojas, las flores y las ramas laterales, las cuales crecen siguiendo un patrón de ramificación simpodial. Sus hojas son compuestas e imparipinnadas, con pequeños folíolos provistos de pecíolo, de bordes dentados y con lóbulos bien definidos (14).

1.4.Meloidogyne spp.

1.4.1. Taxonomía.

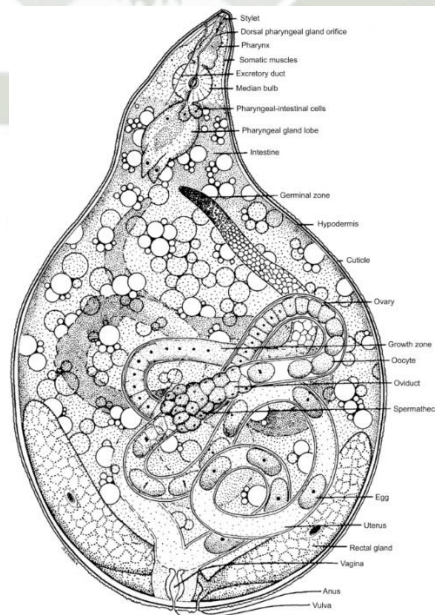
De acuerdo con la ubicación taxonómica de los nematodos agalladores de la raíz, pertenecen al Reino Animalia, por su parte las especies de Meloidogyne conforman una pequeña parte del Phylum Nematoda, clase Sercenentea, Orden Tylenchida, suborden Tylenchina,, Superfamilia Tylenchoidea, familia Heteroderidae, Sudfamilia Meloidogynidae y Género Meloidogyne (6).

1.4.2. Características morfológicas.

1.4.2.1. Hembras.

Las hembras adultas del género *Meloidogyne* presentan formas que varían entre redondeadas y piriformes. Son de color blanco, sedentarias y cuentan con un cuello corto, sin desarrollar una fase quística. En la región posterior, la vulva y el ano están muy próximos y están rodeados por un patrón cuticular característico denominado patrón perineal, cuya estructura varía según la especie. Los fasmidios se localizan lateralmente al ano y se identifican como pequeñas aberturas porosas levemente elevadas. La cutícula es gruesa y presenta estriaciones bien definidas. El estilete, delgado y con nódulos basales, mide entre 12 y 15 μm . El poro excretor se encuentra anterior al bulbo medio, generalmente próximo a la base del estilete. Estas hembras poseen dos ovarios prodélficos en disposición espiral y seis glándulas rectales de gran tamaño, responsables de secretar una sustancia gelatinosa donde se depositan los huevos, los cuales son expulsados fuera del cuerpo de la hembra (Figura 1) (16).

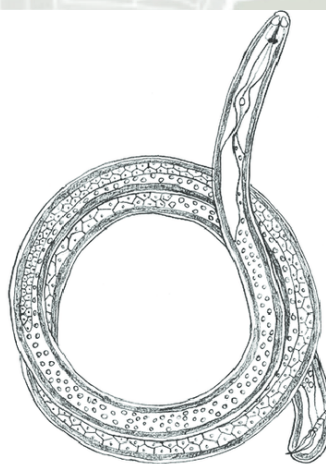
Figura 1. Hembra de género *Meloidogyne* (16).



1.4.2.2. Machos.

Las características del macho del género *Meloidogyne* exhibe un cuerpo alargado, delgado y de aspecto vermiforme, que puede alcanzar hasta 2 mm de longitud y posee una ligera curvatura en su extremo posterior. La cutícula presenta estriaciones bien definidas y cuatro líneas longitudinales a cada lado del cuerpo. La región labial es redondeada y poco prominente, con un disco claramente delimitado que suele presentar de una a tres estrías. Los laterales son más amplios que la parte central, lo que le confiere un aspecto característico similar a “mejillas”. El estilete es corto pero robusto, con una longitud de entre 18 y 25 μm y nódulos basales grandes. Las glándulas esofágicas están localizadas principalmente en la zona ventral. Las espículas son finas, con una longitud de 25 a 33 μm , mientras que el gubernáculo mide entre 7 y 11 μm . Este nematodo cuenta generalmente con un testículo único, aunque en ocasiones puede desarrollar dos. La parte posterior del cuerpo es redondeada y tiene fasmidios visibles como pequeños poros cercanos a la abertura cloacal, ubicada en posición subterminal. Carece de bolsa copuladora (Figura 2) (17).

Figura 2. Macho de genero *Meloidogyne* (17).



Fuente: Williamson y Gleason (17)

1.4.2.3. Juveniles.

Los juveniles de *Meloidogyne* presentan distintas características morfológicas que varían según su etapa de desarrollo. El primer estadio (J1) posee un extremo posterior redondeado y completa su primera muda dentro del huevo. Las siguientes mudas, correspondientes al segundo y tercer estadio, ocurren dentro de la cutícula del J2. Este segundo estadio tiene forma vermiforme y es móvil; su cuerpo puede mantenerse recto o levemente arqueado en reposo, con una longitud menor a 0,6 mm. La región anterior es redondeada y muestra entre una y cuatro estrías gruesas, un disco labial bien definido y una estructura ligeramente endurecida. Los laterales son más amplios que la zona central (18).

El estilete del J2 es delgado y mide menos de 20 μm . El poro excretor se localiza justo detrás del hemizonio. La parte posterior del cuerpo presenta una zona hialina visible, con una punta estrecha e irregular. El tercer estadio (J3) adopta una forma sedentaria y su cuerpo se ensancha, asemejándose a una salchicha, con una región posterior corta y roma. El cuarto estadio (J4) también es sedentario y mantiene una forma hinchada, con el ano situado en la parte terminal (Figura 3) (19).

1.4.3. Ciclo biológico del nematodo *Meloidogyne* spp.

El ciclo de vida del nematodo agallador (Figura 3) se inicia con el primer estadio juvenil (J1), que tiene lugar dentro del huevo. Luego, los juveniles del segundo estadio (J2) emergen al exterior. Estos pueden permanecer libres en el suelo por aproximadamente un mes, utilizando sus reservas energéticas para desplazarse activamente hasta encontrar y penetrar una raíz susceptible. Una

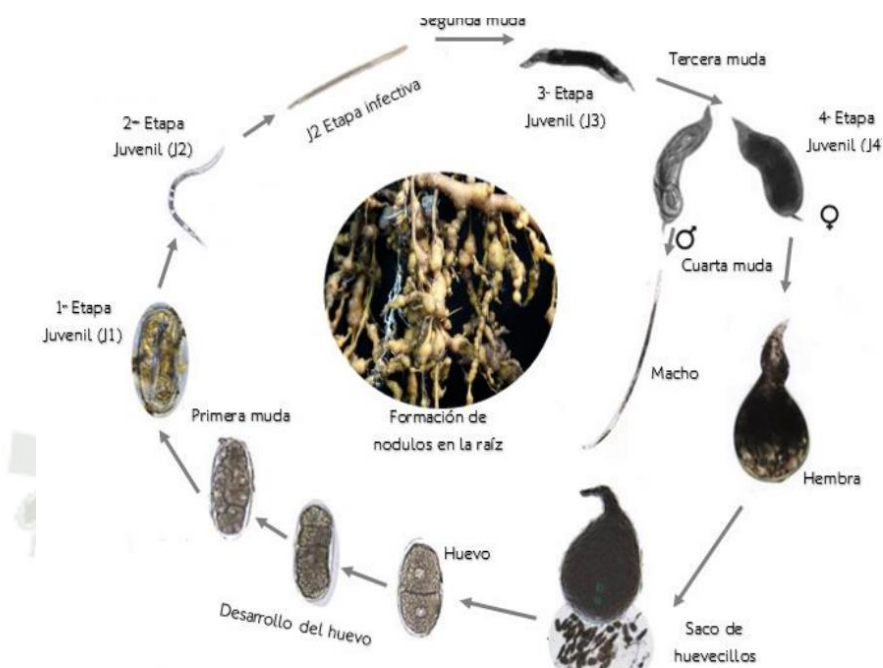
vez dentro, establecen su sitio de alimentación, ubicado principalmente en el periciclo y el tejido vascular (20).

Durante la invasión, los juveniles se desplazan entre las células hasta alcanzar la base del cilindro vascular, desde donde ascienden hacia la parte superior de la raíz. En la región de diferenciación, adoptan una vida sedentaria y establecen un punto de alimentación permanente. Dicho punto se origina como respuesta a las secreciones que el nematodo introduce en las células vegetales, provocando divisiones nucleares sin citoquinesis. Este proceso da lugar a células de gran tamaño y con múltiples núcleos, denominadas células gigantes (20).

Las agallas características se desarrollan en el sitio de alimentación debido a una marcada hipertrofia y hiperplasia del tejido radical. Durante este proceso, los juveniles se alimentan, aumentan de tamaño y adquieren una forma hinchada en un periodo de dos a tres semanas. Posteriormente, atraviesan tres mudas adicionales: el tercer (J3) y cuarto estadio (J4) se desarrollan dentro de la cutícula del J2. En estas etapas, los nematodos carecen de estilete y no se alimentan; este órgano se regenera al inicio de la etapa adulta (21).

Los machos, tras completar el cuarto estadio juvenil, retoman una forma alargada y vermiforme. Generalmente no se alimentan, pero sobreviven el tiempo suficiente para fecundar a las hembras. Estas adoptan una forma esferoidal y, tras alimentarse durante un periodo de 15 a 30 días, comienzan la oviposición. Los huevos se depositan en una matriz gelatinosa producida por la glándula rectal (22).

Figura 3. Ciclo de vida del nemátodo de género *Meloidogyne* (21).



Fuente: Hussey & Mims (21)

La matriz gelatinosa secretada por *Meloidogyne* provoca una intensa actividad enzimática en las células de la raíz, lo que facilita la apertura de un canal que conecta la parte superior del cuerpo de la hembra con la superficie de la agalla. Los huevos depositados dentro de esta matriz se agrupan formando masas compactas que pueden conservar su viabilidad durante largos periodos. La eclosión ocurre cuando los huevos se exponen a condiciones de humedad adecuadas y a los exudados producidos por las raíces de la planta hospedante. Dependiendo de la sensibilidad de la especie vegetal y de su ciclo de crecimiento, estos nematodos pueden completar entre tres y diez generaciones por año (23).

El desarrollo del ciclo biológico de *Meloidogyne* está condicionado por diversos factores, entre ellos la adaptación del parásito a las características físicas y biológicas del suelo, así como su grado de compatibilidad con la planta hospedante. Estas variables determinan la duración del ciclo y las fluctuaciones en el tamaño de la población (24). Entre todos los factores, la temperatura es el más determinante: en ambientes fríos el desarrollo se ralentiza, mientras que temperaturas más elevadas aceleran el ciclo vital. A valores comprendidos entre 28 y 30 °C, el ciclo completo puede culminar en aproximadamente tres semanas (25).

Estudios realizados con *Meloidogyne incognita* han demostrado que puede completar hasta ocho generaciones anuales en cultivos de tomate, con ciclos prolongados durante los meses fríos y más cortos en las estaciones cálidas (26). Asimismo, investigaciones señalan que a 29 °C los primeros adultos se observan entre los 13 y 15 días posteriores a la penetración del nematodo en las raíces, y las primeras masas de huevos se forman entre los días 19 y 21. La oviposición por parte de las hembras puede extenderse de dos a tres meses, mientras que la vida de los machos es considerablemente más corta (27).

La humedad del suelo también desempeña un papel importante en la dinámica del ciclo biológico. Los nematodos muestran mayor actividad cuando la humedad oscila entre el 40 % y 60 % de la capacidad de campo. En suelos secos, la cantidad de huevos y juveniles disminuye notablemente, mientras que un exceso de humedad afecta negativamente la eclosión, el metabolismo, el movimiento, la capacidad infectiva de los juveniles y la reproducción de las hembras (28).

1.4.4. Sintomatología

Las plantas afectadas por *Meloidogyne spp.* presentan un desarrollo anormal de su sistema radicular, evidenciado por la aparición de agallas. Estas pueden variar en tamaño, desde apenas 1 o 2 milímetros en raíces pequeñas hasta más de 1 centímetro en raíces mayores. Las raíces severamente infestadas suelen ser más cortas que las sanas y cuentan con menos raíces laterales y pelos radicales (29), un cuadro que se asemeja al daño causado por otros factores en las raíces. Entre los efectos secundarios están la reducción en la brotación, un crecimiento limitado y problemas nutricionales que se manifiestan como clorosis en las hojas, debido a que los nematodos interfieren en la producción y transporte de hormonas como las giberelinas y citoquininas, además de compuestos que regulan la fotosíntesis (30).

En las plantas de tomate, los daños visibles en la parte aérea provocados por *Meloidogyne* incluyen plantas más bajas, hojas más pequeñas y un marchitamiento considerable, incluso cuando el suelo mantiene niveles adecuados de humedad. Esto ocurre porque el sistema radicular reducido, junto con la ruptura y deformación de los vasos conductores dentro de las agallas, impide el flujo normal de agua y nutrientes (31). Como resultado, surgen síntomas relacionados con deficiencias nutricionales que llevan a una disminución en la producción, dependiendo de la intensidad de la infestación en el suelo (32).

1.5. Mecanismos de resistencia de la interacción *Meloidogyne spp.* en tomate.

Los nematodos formadores de agallas son parásitos biótrofos que, a lo largo de su evolución, han desarrollado diversas estrategias que les permiten infectar con éxito a una gran variedad de plantas. Durante la invasión de los tejidos vegetales, utilizan mecanismos similares a los de bacterias y hongos fitopatógenos, entre ellos la producción de enzimas que degradan la pared celular y facilitan su entrada (33).

Se considera que una planta es resistente a los nematodos cuando estos logran reproducirse en niveles muy bajos dentro de sus raíces. Los genes de resistencia están presentes en ciertas especies vegetales y representan un recurso valioso dentro de los programas de mejoramiento genético orientados al control de estos patógenos (34).

Las plantas activan diferentes mecanismos de defensa frente a los nematodos, algunos específicos y otros generales. En el caso de la resistencia vertical, la interacción entre la planta y el nematodo depende de la presencia de genes y metabolitos específicos que participan en las rutas de señalización de la respuesta inmune. Este tipo de resistencia se manifiesta principalmente en plantas con genotipos particulares (35).

Por otro lado, la resistencia horizontal se basa en mecanismos de defensa permanentes y no específicos que forman parte del sistema natural de protección de la planta (36). Las primeras evidencias de resistencia genética frente a los nematodos se observaron en la interacción entre el tomate y *Meloidogyne incognita*. En este cultivo se han identificado varios genes dominantes de resistencia, como Mi, Mi-3 y Mi-9 (37). El gen Mi, que ha sido aislado y caracterizado, pertenece a la familia NBS-LRR, la cual también incluye genes que confieren resistencia frente a virus, bacterias y hongos.

En plantas con resistencia total o parcial, el desarrollo del nematodo suele verse afectado. Aunque pueden formarse agallas, estas se acompañan de necrosis celular y, en muchos casos, las células gigantes no llegan a formarse o presentan defectos estructurales. Como consecuencia, las larvas no completan su desarrollo o producen pocos huevos viables. En condiciones de resistencia moderada, el nematodo puede completar su ciclo convirtiéndose en macho, una forma que requiere menor demanda energética que el desarrollo de una hembra (38).

1.6. Control biológico

El control biológico se define como la utilización de organismos vivos, así como de sus compuestos metabólicos o derivados, que actúan como enemigos naturales de plagas o patógenos, con el fin de reducir o eliminar los daños que ocasionan en los cultivos (39). Aunque en la actualidad su aplicación se apoya en bases científicas, esta estrategia ha sido practicada de manera empírica desde los orígenes de la agricultura.

En los sistemas agrícolas modernos, el enfoque se orienta hacia la reducción del uso de plaguicidas químicos y la adopción de métodos sostenibles que integren el uso de agentes biológicos. Dentro de este marco, el empleo de hongos y bacterias para el control de nematodos fitoparásitos constituye una alternativa ecológica con alto potencial de aplicación (40). La efectividad de este método depende en gran medida del avance en la investigación y del aprovechamiento de microorganismos nativos del suelo o de cepas cultivadas en laboratorio que puedan ser formuladas para su uso comercial.

1.6.1. Hongos nematófagos

Los hongos nematófagos son microorganismos capaces de atrapar, inmovilizar y digerir nematodos en sus diferentes etapas de desarrollo, ya sean adultos, juveniles o huevos. Además de esta habilidad, muchos de ellos pueden vivir de forma saprofítica, alimentándose de materia orgánica en descomposición, actuar como micoparásitos al atacar otros hongos, o establecer relaciones endofíticas al colonizar las raíces de las plantas. Hasta la fecha se han descrito más de 300 especies de hongos nematófagos distribuidas por todo el mundo, incluso en regiones polares. Estos organismos habitan principalmente en el suelo, donde son más abundantes en aquellos ricos en materia orgánica. Dado que la mayoría de los nematodos fitoparásitos también se desarrollan en el suelo y afectan directamente a las raíces, el uso de hongos nematófagos como agentes de control biológico representa una alternativa ecológica y prometedora para reducir el impacto de estos patógenos en los cultivos, siendo actualmente un campo activo de investigación (41).

1.6.1.1. Hongo nematófago *Paecilomyces lilacinus*

1.6.1.1.1. Clasificación taxonómica

Reino: *Fungi*, división *Ascomycota*, clase *Eurotiomycetes*, orden *Eurotiales*, familia *Trichocomaceae*. Genero *Paecilomyces*, especie *lilacinus* (42).

1.6.1.1.2. Generalidades

Paecilomyces lilacinus es un hongo que actúa como agente biológico de control frente a fitonemátodos, en especial contra las especies del nematodo agallador *Meloidogyne spp.* Este hongo puede parasitar los huevos, juveniles y adultos de los nematodos, además de atacar a las formas móviles que se encuentran libres en el suelo, fuera de las raíces. Por esta razón, puede infectar diferentes etapas del ciclo de vida del nematodo, causando su muerte o interfiriendo en su desarrollo, lo que reduce significativamente sus poblaciones en los cultivos. En ausencia de nematodos, *P. lilacinus* es capaz de sobrevivir en el suelo como saprófito, alimentándose de materia orgánica en descomposición (43). En cuanto a su morfología, este hongo presenta estructuras características como conidióforos, fiálides, conidias y micelio, que conforman su sistema vegetativo y reproductivo (Figura 4).

Figura 4. Morfología de *P. lilacinus* (43).



Fuente Samson RA (43)

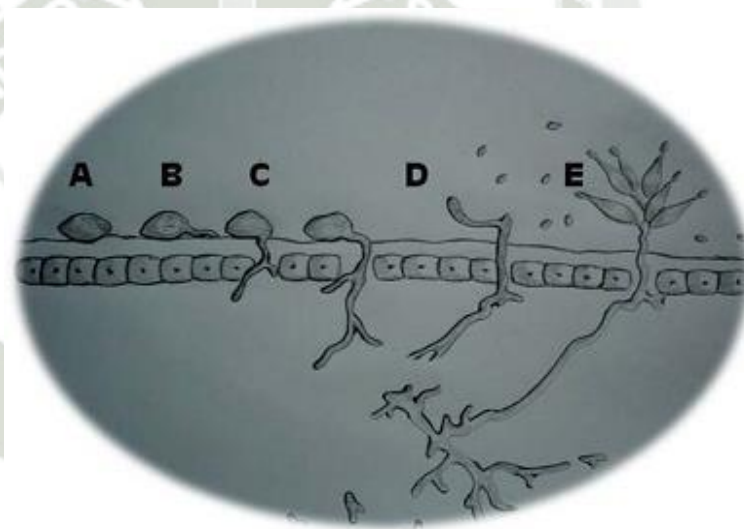
1.6.1.1.3. Modo de acción de *Paecilomyces lilacinus* contra *Meloidogyne spp.*

Paecilomyces lilacinus es uno de los hongos más investigados en el control biológico del nematodo agallador *Meloidogyne spp.* Este hongo se encuentra de forma natural en el suelo y ha demostrado capacidad para mantener las poblaciones de nematodos en niveles que no causan daños significativos a los cultivos, e incluso puede favorecer el crecimiento de las plantas. Su acción consiste en parasitar los huevos de los nematodos, penetrándolos y destruyendo sus embriones, lo que impide la formación de larvas. También puede atacar hembras adultas, ocasionando su muerte. Una vez establecido, el hongo crece saprofiticamente, se disemina con rapidez y puede convertirse en la especie dominante en poco tiempo (44).

Asimismo, se ha reportado que *P. lilacinus* produce enzimas quitinolíticas, las cuales degradan la pared de los huevos y la cutícula de los juveniles, facilitando el proceso de micoparasitismo (45). Este hongo genera conidias, estructuras encargadas de ejercer el efecto directo sobre los nematodos (Figura 5). Cuando las conidias entran en contacto con el cuerpo del nematodo, se adhieren, germinan y desarrollan estructuras

especializadas que penetran la cutícula. Durante esta invasión, el hongo libera toxinas que afectan el sistema nervioso y provocan deformaciones en el estilete de los nematodos sobrevivientes. Bajo condiciones de pH ligeramente ácido, la producción de estas toxinas aumenta, intensificando su acción sobre los nematodos (46).

Figura 5. Modo de acción de *Paecilomyces lilacinus* (46). a) Adhesión de la conidia en el nematodo, b) germinación de la conidia, c) Penetración, d) colonización del hongo en el interior del cuerpo del nematodo, e) crecimiento externo y producción de conidias



Fuente Xiujuan, H. y Liang (46)

Tras la penetración del hongo en el cuerpo del nematodo, el microorganismo utiliza los compuestos orgánicos del hospedador como fuente de nutrientes, lo que le permite crecer y reproducirse aceleradamente, invadiendo por completo sus tejidos internos. Este proceso genera una infección sistémica que progresa hasta provocar la muerte del nematodo. En condiciones óptimas de humedad, las estructuras fúngicas emergen del cuerpo del organismo parasitado y, sobre sus restos, se forman nuevas conidias.

Estas estructuras se dispersan en el suelo y poseen la capacidad de infectar a otros nematodos cercanos, asegurando la continuidad del ciclo del hongo (47).

1.6.1.1.4. Uso y manejo del controlador biológico base de *Paecilomyces lilacinus*

El uso de bioplaguicidas basados en *Paecilomyces lilacinus* para el control de nematodos debe considerarse como parte de un manejo integrado de plagas, y no como una solución única o aislada. Este enfoque busca aprovechar al máximo los beneficios del hongo, combinándolo con otras prácticas preventivas y culturales que contribuyan a reducir las poblaciones de nematodos y mantener la salud del suelo. Entre las medidas que pueden acompañar el uso de *P. lilacinus*, se destacan las siguientes (48):

- Selección adecuada del área e cultivo
- Uso de plantas (vivero) libres de nematodos
- No emplear plántulas ni material de vivero procedente de áreas con presencia de nematodos
- Utilizar semillas o plántulas provenientes de variedades con resistencia o tolerancia frente a nematodos (injertos)
- Evitar utilizar suelos que puedan estar contaminados con nematodos (en vivero)
- Regular el nivel de sombra en el cultivo
- Realizar la identificación de las especies de nematodos presentes en el suelo y llevar un monitoreo constante de sus poblaciones.

El uso de bioplaguicidas elaborados con *Paecilomyces lilacinus* debe entenderse como una medida de control directo, cuya eficacia depende del contacto del hongo con los nematodos; si este no llega a alcanzarlos, el control no se produce. Por ello, es indispensable asegurar que la aplicación del hongo cubra la zona donde se localizan los

nematodos, lo cual puede conseguirse utilizando un volumen de agua apropiado que permita una distribución homogénea del producto. *Paecilomyces lilacinus* puede emplearse tanto en plántulas de vivero como en cultivos establecidos, ofreciendo resultados favorables en la reducción de las poblaciones de nematodos y contribuyendo al manejo sostenible del cultivo (49).

1.6.1.1.5. Aplicación de *Paecilomyces lilacinus*

Las investigaciones realizadas confirman la efectividad de *Paecilomyces lilacinus* como controlador biológico, demostrando que su uso no ocasiona daños al medio ambiente, lo que permite incorporarlo en programas de manejo integrado de plagas. Sin embargo, en los últimos años se han reportado efectos adversos en la salud humana, principalmente problemas respiratorios relacionados con la exposición al hongo. La aplicación de *P. lilacinus* favorece el desarrollo vegetativo de las plantas, ya que logra reducir eficazmente las poblaciones del nematodo *Meloidogyne spp.* Además, debido a su rápida capacidad de multiplicación después de la aplicación, contribuye a mejorar la vitalidad y fertilidad biológica del suelo, ayudando a mantener su equilibrio natural (50).

1.7. Productos comerciales a base de *Paecilomyces*. Certificados en el Perú, indicaciones:

➤ Mata nem WP:

Procedimiento para la preparación dosis: 200 g / 200 litros de agua.

- 1- Para la aplicación, se debe emplear un ablandador de agua y un regulador de pH, asegurando que el agua utilizada mantenga un pH entre 5.5 y 7 y una dureza menor de 150 ppm de carbonato de calcio (CO_3Ca).
- 2- En un contenedor (balde) con 5 litros de agua calibrada, añadir 50 ml de aceite vegetal agrícola (carrier, aceite natural) luego , incorporar el contenido del sobre

y agitar hasta obtener una emulsión homogénea. Dejar reposar durante 30 minutos para asegurar su correcta hidratación.

- 3- Remover bien la mezcla y viértala en el cilindro o tanque que contenga agua sin cloro, asegurándose de respetar las dosis indicadas.
- 4- Mezclar bien la preparación y verterla en el cilindro o tanque destinado para la aplicación.
- 5- Dirigir la aplicación sobre las raíces del cultivo, donde se ubican los nematodos, empleando el sistema de riego o la técnica drench (51).

➤ FUMOGAN

Sistema de preparación y aplicación:

Para cada bolsa de 800 g de FUMOGAN, preparar una solución de 0.5 a 1 ml de surfactante agrícola por litro de agua. Agregar todo el contenido de FUMOGAN y agite la mezcla hasta desprender completamente las esporas del maíz. A continuación, cuele la suspensión con una malla fina para evitar que pasen restos de maíz al tanque, repitiendo el lavado dos veces más hasta obtener el color característico del grano. Una vez completados los lavados, agregue agua hasta alcanzar el volumen total a inocular. Utilice equipos convencionales de inyección, calibrándolos previamente, y mantenga la suspensión en agitación periódica durante la mezcla y la inoculación. Es importante que el hongo se inocule el mismo día en que se realiza la preparación (52).

➤ PAF 33

Aplicación al suelo: Se puede aplicar 1 kg de PAF 33® por hectárea, mezclándolo con materia orgánica del suelo, abono, compost bien descompuesto o cualquier otro sustrato orgánico agrícola disponible localmente. Distribúyalo de manera uniforme alrededor de la rizosfera de los cultivos ya establecidos. El PAF 33® puede incorporarse al suelo mediante métodos mecánicos o a través de sistemas de riego tecnificados. Su aplicación puede realizarse antes de la siembra, durante la siembra, en la etapa de emergencia o inmediatamente después del trasplante (53).

Aplicaciones foliares: Se sugiere aplicar 250 g de PAF 33® por cilindro o 1 kg por

hectárea, ajustando la cantidad y frecuencia según la densidad de la población de insectos. Al ser un producto de acción por contacto, debe aplicarse únicamente en las zonas con infestación crítica, empleando aplicadores de microgotas con nebulización y alta turbulencia, lo que garantiza una mayor cobertura por unidad de área (53).

Preparar el agua para la aplicación. Medir la dureza y el pH del agua. Si la dureza supera los 150 ppm o el pH es mayor a 7, utilice ablandadores para reducir la dureza y, de esta manera, ajustar correctamente el pH (53).

Precauciones para su uso

- El producto no resulta tóxico para humanos, animales ni plantas, aunque puede provocar reacciones alérgicas en personas altamente sensibles.
- Al preparar y aplicar la solución, es mejor hacerlo en un lugar fresco y a la sombra, evitando que le dé el sol directo para asegurar su eficacia.
- Al aplicar el producto, es importante protegerse usando mascarilla, guantes, un sombrero y gafas para cuidar los ojos. También hay que evitar tocarlo más de lo necesario y nunca respirarlo o ingerirlo para mantenerse seguro..
- Durante la manipulación del producto, no se debe fumar ni ingerir alimentos. Al finalizar, es fundamental lavar correctamente las manos y cambiarse de ropa.
- .

2.6.Producción artesanal de *Paecilomyces lilacinus* en el Perú. (Universidad nacional Agraria).

La producción de *Paecilomyces lilacinus* puede realizarse a gran escala, en sistemas industriales o semiindustriales, así como a menor escala mediante métodos artesanales. La producción artesanal permite multiplicar el hongo de manera masiva utilizando pocos recursos y materiales accesibles localmente, lo que facilita que los productores lo elaboren en la misma zona donde cultivan sus plantas, asegurando un producto de alta calidad (54).

Para este tipo de producción, es necesario contar con un local exclusivo para la elaboración del hongo. El espacio debe estar cerrado y contar con al menos tres áreas diferenciadas: una para la preparación y esterilización de materiales, otra para la inoculación y una tercera para el crecimiento y almacenamiento del hongo. Además, se requiere un equipo de tres a cinco personas capacitadas para llevar a cabo de manera adecuada todo el proceso de producción..

2.6.1. Sala de preparación

Es la sala donde se preparan todos los materiales necesarios para la producción del hongo. En este espacio se acondiciona el arroz en bolsas de polipropileno y se esterilizan utensilios como jeringas, espátulas y cristalería. La sala debe contar con una mesa de trabajo amplia, una cocina, un pantry, acceso a agua potable y una iluminación adecuada para facilitar las tareas(54).

2.6.2. Sala de inoculación

Es una sala que debe mantenerse bien cerrada para asegurar la limpieza y la asepsia necesarias. Aquí se realiza la inoculación, por lo que es muy importante trabajar con la mayor higiene posible para evitar cualquier tipo de contaminación. La sala debe contar con una mesa cubierta de fórmica, cerámica o acero, y tener una iluminación adecuada para facilitar el trabajo.

2.6.3. Sala de incubación y secado

Es el lugar donde se incuban los hongos previamente inoculados en el arroz. La sala debe contar con condiciones que permitan la circulación de aire, como persianas o extractores, y disponer de estantes para colocar las bolsas inoculadas. Los equipos y utensilios necesarios para la producción artesanal de *Paecilomyces lilacinus* incluyen: Cocina de gas, ollas de aluminio de 20 a 30 litros, mecheros de alcohol, espátulas grandes, erlenmeyer de 1000 mL, jeringas

de 20 mL, bolsas de polipropileno, cristalería variada (Erlenmeyer, beakers, etc.) También se necesitan materiales consumibles como alcohol, algodón, agua destilada, arroz, papel toalla, papel aluminio y productos de limpieza. El proceso de producción comienza con la obtención y correcta identificación del hongo, seguido de la preparación del hongo patrón o matriz, que puede obtenerse en laboratorios especializados.

Dado que en el género *Paecilomyces* existen otras especies que afectan distintos organismos plaga, es fundamental identificar correctamente *P. lilacinus*, ya que solo esta especie controla de manera eficaz los fitonematodos. Los pasos del proceso de producción artesanal son los siguientes:

2.6.4. Aislamiento e identificación de *P. lilacinus*.

Una vez que el hongo ha sido aislado del suelo, se transfiere a un medio de cultivo como PDA hasta obtener un cultivo puro. La identificación se realiza bajo microscopio, observando características morfológicas como la forma y tamaño de las conidias, así como aspectos de las colonias en el medio, incluyendo color, apariencia y velocidad de crecimiento. Para aislar el hongo del suelo existen dos métodos principales: usando un medio de cultivo selectivo o mediante insectos cebo. En el primer método, se toman muestras de suelo y se preparan diluciones (10^{-3} y 10^{-4}) a partir de una solución madre. Con una micropipeta, se colocan gotas de estas diluciones sobre el medio de cultivo selectivo y se dejan en incubación.

En el segundo método, las muestras de suelo se colocan en recipientes plásticos en el laboratorio y se agregan de 5 a 10 larvas de *Galleria mellonella* por muestra. Las larvas se revisan cada 24 o 48 horas para determinar si han muerto y si el hongo está creciendo sobre ellas. Cuando se confirma la presencia del hongo, se siembra en placas Petri con PDA y se incuban hasta que se desarrollen las colonias, procediendo posteriormente a su identificación.

2.6.7. Preparación del hongo patrón

El hongo patrón se presenta en un frasco de vidrio que contiene conidias y otras estructuras del *P. lilacinus* cultivadas sobre arroz. Este frasco se utiliza como inóculo para inocular las bolsas de arroz en la producción artesanal. Para asegurar el éxito del proceso, el hongo patrón debe ser de alta calidad, elaborado en laboratorios especializados que garanticen su correcta identificación, una concentración adecuada de conidias y la pureza y viabilidad del material. También llamado matriz, consiste en el crecimiento del hongo sobre arroz dentro de un frasco (Erlenmeyer) con abundantes conidias, las cuales son las responsables de iniciar el desarrollo y la reproducción del hongo en el sustrato de la bolsa, por lo que contar con conidias de buena calidad es fundamental.

2.6.8. Esterilización de arroz y materiales

La esterilización es el proceso se realiza para asegurar que todos los materiales, incluyendo el agua, el arroz y los utensilios utilizados en la producción, estén completamente limpios y libres de contaminantes que puedan afectar el crecimiento del hongo.

La preparación de la suspensión del hongo; La suspensión se obtiene mezclando las esporas del hongo con agua esterilizada, que luego se añadirá a cada bolsa de arroz. A la matriz del hongo (botella con arroz y esporas) se le agregan entre 250 y 300 cc de agua estéril, dependiendo de la cantidad de conidias presentes y del número de bolsas a inocular. La mezcla debe agitarse hasta lograr una suspensión uniforme de esporas. Para asegurar que la inoculación sea efectiva, la concentración del hongo en la suspensión debe estar entre 1×10^7 y 1×10^8 conidias/ml.

2.6.9. Inoculación de las bolsas

Para inocular cada bolsa con arroz esterilizado, se agregan 20 cc de la suspensión del hongo utilizando una jeringa estéril. Tras la inoculación,

el orificio hecho con la aguja se desinfecta con alcohol. A continuación, las bolsas se agitan con fuerza hasta que la suspensión se distribuya de manera uniforme en todo el arroz, garantizando un crecimiento homogéneo del hongo. Tanto la preparación de la suspensión como la inoculación se realizan en el cuarto de inoculación, trabajando junto a un mechero encendido y flameando todo el equipo. Este espacio debe permanecer completamente cerrado y limpio para evitar cualquier contaminación.

2.6.10. Incubación y crecimiento del hongo

Tras la inoculación, las bolsas se colocan en estantes dentro de la sala de incubación, asegurándose de que estos hayan sido desinfectados previamente con alcohol. El hongo comenzará a desarrollarse entre 4 y 5 días después de la inoculación. Es fundamental revisar las bolsas todos los días y retirar aquellas que presenten contaminación, crecimiento irregular del hongo o colores típicos de bacterias u otros hongos indeseados.

En los procesos artesanales, las contaminaciones más comunes provienen de bacterias, hongos o ácaros. Entre las bacterias, los géneros más frecuentes son *Serratia* y *Pseudomonas*, mientras que entre los hongos destacan *Aspergillus*, *Penicillium*, *Rhizopus* y *Fusarium*. La contaminación puede identificarse por cambios de color en el arroz, exceso de humedad, crecimiento irregular o lento. Manchas rojas o amarillas suelen indicar bacterias, mientras que manchas blancas o colores oscuros como negro o verde son señal de hongos contaminantes.

Además, la sala de incubación debe estar protegida para evitar la entrada de roedores, ya que estos pueden dañar las bolsas, especialmente las recién inoculadas, debido al contenido de arroz.



CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

3. METODOLOGÍA

3.1. METODOLOGÍA DE LA REVISION SISTEMÁTICA

La presente revisión sistemática fue llevada a cabo en concordancia con la declaración PRISMA 2020 (55). Al ser un trabajo de investigación de pregrado se contó con un solo investigador para la extracción de la data y análisis.

3.1.1. Método de revisión

Las bases de datos empleadas para la búsqueda de estudios potencialmente elegibles fueron *Web of Science*, *Scopus* y *Science direct*; se consideró palabras clave y términos relacionados a *Paecilomyces lilacinus* (*Paecilomyces lilacinus*, *Purpureocillium lilacinum*, *P. lilacinus*), *Meloidogyne spp* (*Meloidogyne spp*, *Meloidogyne incógnita*, *root-knot nematode*) y tomate (*Solanum lycopersicum*, *tomat**). Realizando la búsqueda de los términos relacionados a *Paecilomyces lilacinum*, *Meloidogyne spp* y tomate en el título, resumen y palabras clave de los documentos, con las siguientes sintaxis:

- **WEB OF SCIENCE**

((TS=("Paecilomyces lilacinus" OR "Purpureocillium lilacinum") AND (TS=("Meloidogyne spp" OR "Meloidogyne incognita" OR "root-knot nematode*"))) AND (TS=("Solanum lycopersicum" OR tomat*)))

- **SCOPUS**

(TITLE-ABS-KEY("Paecilomyces lilacinus" OR "Purpureocillium lilacinum") AND ("Meloidogyne spp" OR "Meloidogyne incognita" OR "root-knot nematode*") AND ("Solanum lycopersicum" OR tomat*))

- **Sciencie Direct:**

("Paecilomyces lilacinus" OR "Purpureocillium lilacinum") AND ("Meloidogyne spp" OR "root-knot nematodes" OR "Meloidogyne incognita" OR "Meloidogyne javanica") AND ("Solanum lycopersicum" OR tomato)

Se consideraron todos los registros obtenidos entre los años 2015 al 2025 producto de las búsquedas con las sintaxis mencionadas sin restricciones de idioma, eliminando los registros duplicados.

3.1.2. Cribado

3.1.2.1. Elegibilidad

Se consideraron elegibles aquellos estudios experimentales o de campo, artículos científicos originales, en idioma español o inglés desde el año 2015 hasta el año 2025, que consideraron estudios *in vitro* o *in vivo* sobre el control de *Meloidogyne spp*, incluyeron *Paecilomyces lilacinus* o *Purpureocillium lilacinum* como agente de control biológico dentro las evaluaciones realizadas, estudios de evaluación de *Meloidogyne spp.*, especialmente *M. incognita*, *M. javanica*, *M. arenaria*, estudios realizados específicamente en tomate (*Solanum lycopersicum*) o que hayan reportado resultados desglosados por cultivo y artículos con acceso disponible al texto completo para su análisis.

3.1.2.2. Criterios de exclusión

Como primer criterio de exclusión se tuvo las revisiones, capítulos de libro, comunicaciones cortas, cartas al editor, comentarios, resúmenes de congresos sin desarrollo, tesis no publicadas, adicionalmente se excluyeron los manuscritos que no incluyeron *Paecilomyces lilacinus* o que evaluaron únicamente otros biocontroladores. Así mismo, estudios que no evalúen acción sobre nematodos agalladores o que se enfoquen en otras plagas, estudios aplicados a cultivos distintos al tomate, sin datos específicos para este cultivo, estudios sin información relevante o sin datos claros sobre eficacia o condiciones experimentales.

3.1.3. Evaluación de estudios incluidos

Luego del proceso de cribado se contó con los estudios seleccionados para revisión a los cuales se evaluó la calidad metodológica y riesgo de sesgo.

3.1.3.1. Evaluación de la calidad metodológica

Para la evaluación de la calidad metodológica de los estudios incluidos, se desarrolló una herramienta adaptada al contexto agronómico, dado que no existen guías validadas específicas para este tipo de estudios. Esta escala fue construida tomando como referencia principios del *SYRCLE's Risk of Bias Tool* (56), adaptaciones metodológicas utilizadas en revisiones sistemáticas agronómicas previas y criterios técnicos recomendados por la FAO (57) para ensayos con agentes biológicos.

La herramienta incluyó nueve ítems (A1–A9) agrupados en una dimensión de calidad metodológica según se muestra en la Tabla 2.

Cada ítem fue calificado utilizando una codificación basada en el grado de cumplimiento y reporte, empleando iconos de color verde, amarillo o rojo, en base a los siguientes criterios de valoración:

-  **Alta calidad metodológica:** el ítem está claramente descrito y adecuadamente implementado.
-  **Calidad metodológica moderada:** el ítem es reportado de manera parcial o con información insuficiente.
-  **Baja calidad metodológica:** el ítem no es reportado o es claramente deficiente.

Tabla 2. Indicadores de evaluación de calidad metodológica de estudios agronómicos.

N°	Ítem
A1	Descripción clara del agente biológico (<i>P. lilacinum</i> , <i>cepa</i> , <i>concentración</i>)
A2	Protocolo detallado de inoculación del nematodo (<i>M. incognita</i>)
A3	Número adecuado de réplicas experimentales
A4	Inclusión de controles positivos y negativos
A5	Condiciones de cultivo detalladas (sustrato, temperatura, etc.)
A6	Evaluación de parámetros biológicos (J2, masas, agallas, etc.)
A7	Evaluación de parámetros de crecimiento vegetal
A8	Análisis estadístico adecuado y significativo
A9	Relevancia práctica del diseño (dosis realistas, especie relevante)

Fuente : Elaboración propia basado en SYRCLE(56)

Finalmente, se otorgó una calificación general a cada estudio calificándolos como alta calidad, calidad media y baja calidad, en función de la cantidad relativa de calificaciones verdes, amarillas y rojas obtenidas. Considerando:

- **Alta calidad metodológica:** ≥ 7 ítems en verde.
- **Calidad metodológica moderada:** ≥ 5 ítems en verde y 2–4 en amarillo, sin más de 2 ítems en rojo.
- **Baja calidad metodológica:** ≥ 3 ítems en rojo o menos de 5 ítems en verde.

3.1.3.2. Evaluación del riesgo de sesgo

Complementariamente, se realizó la evaluación del riesgo de sesgo para cada estudio incluido, generando una nueva tabla de indicadores mediante la adaptación de los criterios del enfoque RoB (Risk of Bias) empleado comúnmente en estudios biomédicos (58) y tomando como referencia elementos del SYRCLE's Risk of Bias tool (59). Se consideraron por tanto seis indicadores referidos a la aleatorización de tratamientos, cegamiento de asignación y evaluación, data completa, análisis y conflicto de intereses tal y como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Indicadores de evaluación de riesgo de sesgo de estudios agronómicos.

N°	Ítem
B1	Aleatorización en la asignación de tratamientos
B2	Ocultamiento de la asignación
B3	Cegamiento del evaluador del resultado (si aplica)
B4	Datos completos reportados (sin pérdidas inexplicadas)
B5	Análisis de todos los tratamientos planificados (sin selectividad)
B6	Financiamiento o conflicto de interés declarado

Fuente: Elaboración propia
Basado en SYRCLE(58)

De similar manera a la evaluación de calidad metodológica, cada ítem fue valorado con escala de colores:

- **Bajo riesgo de sesgo:** el ítem fue claramente reportado y adecuadamente implementado.
- **Riesgo incierto:** el ítem fue mencionado de forma ambigua, incompleta o sin suficiente detalle.
- **Alto riesgo de sesgo:** el ítem no fue reportado o existieron deficiencias evidentes.

Una vez evaluado cada artículo, se asignó una calificación global de riesgo de sesgo para cada estudio según el siguiente criterio:

- **Bajo riesgo de sesgo:** ≥ 5 ítems en verde, sin ítems en rojo.
- **Riesgo de sesgo moderado:** combinación de ≥ 3 ítems en verde y hasta 2 ítems en rojo.
- **Alto riesgo de sesgo:** ≥ 3 ítems en rojo o menos de 3 ítems en verde.

Este enfoque facilitó una comparación uniforme entre los estudios incluidos, permitiendo valorar tanto la calidad metodológica como los posibles riesgos en su diseño experimental. Esta nueva herramienta permitió detectar debilidades que podrían afectar la validez interna de los estudios analizados, así como tener una visión más clara sobre la solidez y confiabilidad de la evidencia relacionada con el uso de *Paecilomyces lilacinus* para el control de *Meloidogyne* spp.

3.1.4. Extracción y síntesis de datos

Los datos de cada estudio fueron recopilados en Microsoft Excel 2019, teniendo hojas de datos para data completa, identificación de duplicados, extracción de duplicados, selección por criterios de exclusión, cribado, exclusión del cribado y estudios elegibles. El contenido seleccionado de los estudios elegibles fue: primer autor y año, base de datos, microorganismos empleados, productos biológicos usados, productos químicos y resultados de ensayos.



CAPÍTULO III RESULTADOS

3.2. RESULTADOS

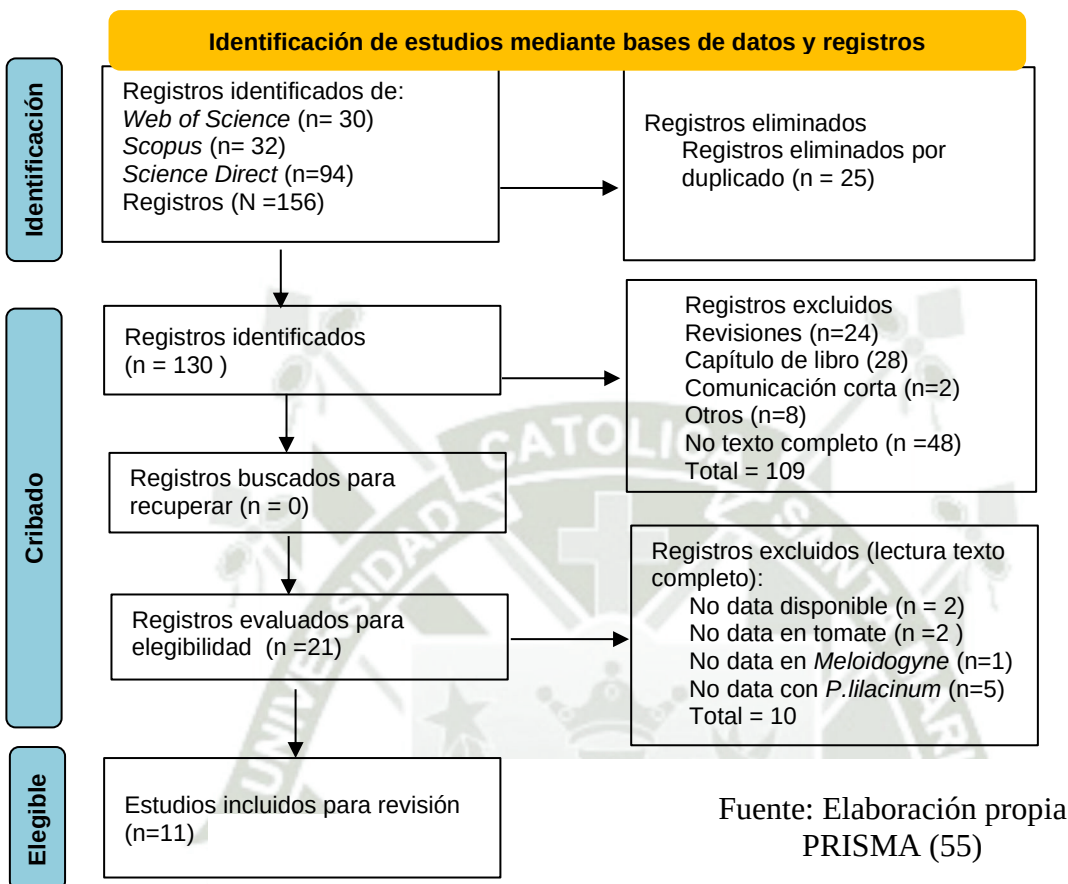
3.2.1. Identificación, cribado y elegibilidad

Se realizó la búsqueda sistemática de literatura en base a la metodología PRISMA,2020 registrando el proceso de selección de estudios en la Figura 3. Se realizó la búsqueda en 3 bases de datos obteniendo 30 estudios en *Web of science*,32 en *Scopus* y 94 estudios en *Science direct* haciendo un total de 156 registros de los cuales 25 fueron eliminados por estar duplicados con por lo menos una base de datos teniendo de esta manera 130 registros.

En la etapa de cribado se eliminó 24 documentos por ser revisiones y no artículos originales, 28 capítulos de libro, 2 comunicaciones cortas, y 8 por otros tipos de documentos, así mismo, 48 de ellos no contaron con acceso al texto completo. Además, no se incluyeron otros documentos recuperados de distintas base de datos por no cumplir con los criterios de selección. Por tanto, se llegó a obtener un total de 21 documentos elegibles.

Se aplicaron los criterios de exclusión al revisar el texto completo eliminando 2 documentos por no tener data disponible, 2 por no tener resultados en tomate, 1 por evaluar otro tipo de nemátodo, y 5 por no presentar resultado de la aplicación de *P.lilacinum*, dando finalmente, un total de 11 estudios incluidos para la revisión final (Figura 6).

Figura 6. Diagrama de flujo PRISMA 2020 para el proceso de selección de estudios.



La data en extenso se puede revisar mediante el siguiente enlace:
https://docs.google.com/spreadsheets/d/1IOMGUYNgu1Fy9Yx8wuiA1FrkoDREZ-bd/edit?usp=drive_link&ouid=103101636506990859342&rtpof=true&sd=true
 en el cual se presenta la información organizada en pestañas en concordancia con el diagrama de flujo presentado.

Los 11 estudios elegibles fueron sometidos a evaluación de calidad metodológica y riesgo de sesgo. La evaluación de calidad metodológica se muestra en la Tabla 4, en ella se detalla como tres estudios no evaluaron parámetros de crecimiento vegetal y uno de ellos conto con data poco precisa, sin perjuicio de ello los 11 estudios fueron calificados como de alta calidad.

Tabla 4. Evaluación de calidad metodológica de estudios elegidos

ITEM	Autor	Año	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	General
1	Nekoval,	2024	+	+	+	+	+	+	×	+	+	+
3	López-Lima	2023	+	+	+	+	+	+	×	+	+	+
4	Niño-Arteaga	2023	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
11	Dahlin	2019	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
18	Nie	2023	+	+	+	+	+	+	×	+	+	+
20	El-Ashry	2021	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
23	Sharma	2021	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
25	Ali	2024	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
27	Pontes	2024	+	+	+	+	+	+	?	+	+	+
56	Swibawa	2024	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
57	Isaac	2024	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Fuente: Elaboración propia

Así mismo, se realizó la evaluación de riesgo de sesgo mostrado en la Tabla 5. Se observó que todos los estudios presentaron alto riesgo de sesgo en los ítems B12 y B3 correspondientes al ocultamiento de la asignación y cegamiento de la asignación, lo que indica que no se evitó que los responsables de asignar tratamientos supieran qué tratamiento recibía cada unidad experimental, lo cual podría haber influido en la forma en que se distribuyeron los tratamientos, pudiendo favorecer involuntariamente a ciertos grupos o prestarles mayor cuidado. Así mismo, el alto riesgo de sesgo en el cegamiento del evaluador es un indicador de un posible riesgo de medición de resultados puesto que al conocer a qué grupo experimental corresponde cada tratamiento el evaluador podría contar más o menos gallas, juzgar el vigor con menos objetividad, o registrar datos de forma inconsistente. Por tanto, aunque se usen parámetros cuantitativos, como número de masas de huevos, longitud de raíz, etc, la forma en que se mide o seleccionan las muestras puede estar influida por expectativas previas.

Sin embargo, estas precisiones no son comúnmente reportadas en estudios experimentales de tipo agrícola siendo una recomendación importante

su implementación para lograr menor riesgo de sesgo general. Finalizada la evaluación de los estudios de concluyó con un total de 11 estudios de alta calidad metodológica y riesgo de sesgo medio.

Tabla 5. Evaluación de riesgo de sesgo de estudios elegidos

ITEM	Autor	Año	B1	B2	B3	B4	B5	B6	General
1	Nekoval,	2024	+	×	×	+	+	+	?
3	López-Lima	2023	+	×	×	+	+	+	?
4	Niño-Arteaga	2023	+	×	×	+	+	+	?
11	Dahlin	2019	+	×	×	+	+	+	?
18	Nie	2023	+	×	×	+	+	+	?
20	El-Ashry	2021	+	×	×	+	+	+	?
23	Sharma	2021	+	×	×	+	+	+	?
25	Ali	2024	+	×	×	+	+	+	?
27	Pontes	2024	+	×	×	+	+	+	?
56	Swibawa	2024	+	×	×	+	+	+	?
57	Isaac	2024	+	×	×	+	+	+	?

Fuente : Elaboración propia

3.2.2. Resultados de extracción de datos

En la Tabla 6 se muestran los 11 estudios seleccionados, donde dos de ellos son estudios realizados en México y uno en Brasil. Los nematodos empleados para este tipo de estudios fueron en un 63.3% obtenidos de raíces y solo uno de ellos a partir de huevos del suelo. Se evidencio además que solo el artículo presentado por Ali (60), realizó un estudio completo desde condiciones invitro, invernadero y campo. Los principales parámetros evaluados fueron viabilidad de huevos, densidad poblacional de nemátodos, viabilidad de huevos, número de agallas, índice de agallamiento y características de desarrollo fisiológico.

Tabla 6. Estudios seleccionados de revisión sistemática.

Autor	Año	País	Origen de nematodos	Tipo de ensayo	Parámetros evaluados
Nekoval	2024	Rusia	Rhizósfera de tomate infectado	In vitro e invernadero	Mortalidad J2, número de agallas
López-Lima	2023	México	Raíces de tomate bajo malla sombra	Invernadero	Densidad poblacional
Niño-Arteaga	2023	México	Raíces de cultivo senescente de melón infectado	In vitro e invernadero	Viabilidad de huevos, número de agallas
Dahlin	2021	Suecia	No especificado	Invernadero	Número de agallas, desarrollo de la planta
Nie	2023	China	No especificado	In vitro Invernadero	Recuento de M. incognita, agallas
El-Ashry	2021	Egipto	Raíces de tomate	Invitro Invernadero	Agallas, población, biomasa
Sharma	2021	India	Raíces de berenjena	In vitro Invernadero	Infestación de M. javanica, peso radicular
Ali	2021	Pakistán	Raíces de pepino	In vitro invernadero y campo	Viabilidad de huevos, agallas, rendimiento
Pontes	2022	Brasil	Raíces de tomate infectado	Invernadero Campo	M. enterolobii: población, daño radicular
Swibawa	2019	Indonesia	Huevos del suelo agrícola	In vitro Invernadero	Parasitismo, número de agallas
Isaac	2024	Egipto	Mantenimiento en raíces de tomate en laboratorio	In vitro Invernadero	Agallas, biomasa, población de nematodos

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 7 se muestran los resultados organizados de ensayos in vitro los cuales demuestran la capacidad ovicida y nematicida de *Paecilomyces lilacinum*. Se observa que el autor Niño-Arteaga (61) reportó una inhibición del 96.33% al 99.22% en la eclosión de huevos de *M. incognita* usando las cepas H2 y H3 en combinación con bioestimulantes como ExuRoot® y EPMB®.

Tabla 7. Parámetros de ensayos in vitro de estudios seleccionados.

Autor / Año	Parámetros evaluados	Tratamientos	Microorganismo /Producto biológico	Producto químico	Resultado
Nekoval et al. (2024)	Mortalidad de J2	15 cepas fúngicas (incl. IG15)	6 grupos: <i>Aspergillus spp.</i> , <i>Metarhizium spp.</i> , <i>Trichoderma spp.</i> , <i>Penicillium spp.</i> , <i>Paecilomyces (Purpureocillium) sp.</i> y <i>Beauveria sp.</i> Nematophagyn (biológico)	Phytoverm	Mortalidad de <i>Meloidogyne</i> a las 72 horas: Phytoverm = 97.8% Nematophagyn = 98.6% T. harzianum atroviride= 99.5% Metarhizium =100% Trichoderma harzianum = 89.6% Purpureocillium lilacinum = 35.2%
Niño-Arteaga (2023)	Parasitismo en huevos, desarrollo embrionario	Cepas H2, H3; y combinadas con Exu-Root® y EPMB®	<i>P. lilacinus</i> H2, H3	No se usó	H2: 96.33% y H3: 99.22% inhibición de eclosión de huevos; p<0.05
Nie (2023)	Parasitismo en huevos, infección en distintas concentraciones	5 concentraciones de <i>P. lilacinum</i> (6.5×10^3 a 6.5×10^7 esporas/mL)	<i>P. lilacinus</i> B01TG	Dazomet (pretratamiento)	Dosis mínima óptima para control biológico 6.5×10^5 UFC/ml parasitismo del 84%
El-Ashry (2021)	Inhibición de eclosión	<i>P. lilacinus</i> aplicado sobre masas de huevos	<i>P. lilacinus</i> <i>Rhizobacteria</i> , <i>Serratia</i> and <i>Pseudomonas</i> . Colocynth, Moringa Marigold	Emamectina, abamectina (referencias)	%Mortalidad a10 días: Control = 4.20% Abamectina = 96.8% A Emamectina = 91.40% Colocynth = 89.80 BC Moringa = 87.4 C Marigold = 81.4 D Rhizobacteria, serratia y pseudomona = 91.6 % B <i>P. lilacinus</i> = 99 %A
Sharma (2021)	Parasitismo y control de J2	<i>P. lilacinus</i> en torta de Karanja (KDC) y lodo de biogás (BGS)	<i>P. lilacinus</i> 6029	No se usó	Formulación KDC-BGS más efectiva que el estándar en concentración 80/20 inhibición 90.68%
Ali (2021)	Mortalidad de J2, eclosión de huevos	<i>P. lilacinus</i> solo y combinado con oxamyl	<i>P. lilacinus</i>	Oxamyl	% de reducción : T3 <i>p.lilacinus</i> : 67.28%, T4 pseudomona y serratia: 35.68%, T5 oxamyl: 81.11%
Swibawa (2024)	Reducción de J2 en suelo y raíces	Solo y combinado con compost	<i>P. lilacinus</i>	Carbofurán	40 g/planta=18% intensidad de daño, mayor peso seco
Isaac (2024)	Parasitismo, biomasa, agallas	Aplicación antes y después de infección	<i>P. lilacinus</i> AUMC 10149 Bionematon	No se usó	<i>P.lilacinus</i> ; : 79.8%, inhibición huevos, 97.6% inhibición juveniles J2

Fuente: Elaboración propia

Por su parte, El-Ashry (62) obtuvo una inhibición de eclosión de hasta 99% con *P. lilacinum*, resultado comparable a químicos como abamectina con un 96,8%, y con significancia estadística ($p \leq 0.05$). En el estudio de Nekoal (63), la cepa IG15 del hongo alcanzó 37.8% de mortalidad de J2, siendo menos efectiva que el químico Phytoverm (97.8%). Finalmente, Swibawa (64) mostró que el bionematicida basado en *P. lilacinus*, tanto solo como combinado con compost de bromelina, fue más efectivo que el nematicida químico carbofurán, evidenciando su potencial en estrategias integradas de control biológico. Nie et al. (65), en su ensayo in vitro permitió conocer la relación dosis-respuesta de *Paecilomyces lilacinus* en condiciones de laboratorio, evaluando cinco concentraciones distintas, identificando que la concentración efectiva mínima es de 6.5×10^5 UFC/ml con control de 84 % no encontrando diferencias significativas a mayores concentraciones .

En la Tabla 8 se muestra de manera organizada los resultados obtenidos en ensayos de invernadero con el uso de *Paecilomyces lilacinus*. En general, los estudios coinciden en que el hongo es capaz de reducir de forma significativa la cantidad de agallas o la población de nematodos en las raíces de los cultivos, aunque la magnitud del efecto varía según el tratamiento aplicado y las condiciones del ensayo.

En ese sentido, Nekoal (63) encontró *P. lilacinus* no fue el tratamiento más eficaz en ensayos invitro, por lo que no fue usado en condiciones de invernadero en el que el nematicida *Phytoverm* logró un control de 90.5% y otro microorganismo como *Trichoderma atroviride* logró control de 76.6%. López-Lima (66), por su parte, reportó una disminución del 28.59% en la densidad de huevos y juveniles de *Meloidogyne enterolobii* con la aplicación de *P. lilacinus*; en dicho estudio *Metarhizium* obtuvo una reducción de 37.76% y la combinación de metan sodico con *Metarhizium* una reducción de hasta 97.51% lo cual resalta el buen resultado obtenido cuando se trabaja con una estrategia de manejo integrado. Lamentablemente dicho estudio no realizó la combinación d *P.lilacinum* con un componente químico.

Tabla 8. Parámetros de ensayos en invernadero de estudios seleccionados.

Autor (Año)	Parámetros evaluados	Tratamientos	Resultados
Nekoal (2024)	Número de agallas	Otros microorganismos vs Phytoverm	Eficiencia : 90.5% con Phytoverm, <i>T.atroviride</i> 76.6%
López-Lima (2023)	Densidad poblacional de <i>M. enterolobii</i>	<i>Metarhizium</i> , <i>P.lilacinum</i> , metabolitos, metan – metarhizium, fluensulfona, metan sodico + abamectina	Reduccion final de huevos y J2: <i>Metarhizium</i> : 37.76 %, <i>P.lilacinum</i> : 28.59 %, Metan sodico+ <i>Metarhizium</i> : %97.51, Fluensulfone: 99.61%, Metan sodico - abamectina : 95.72 %
Niño-Arteaga (2023)	Número de agallas por planta	<i>P. lilacinum</i> H2 + Exu-Root® / H3 + EPMB®	Reducción de 88 a 19.2 (H2) y 20.3 (H3) agallas/planta; p<0.05
Dahlin (2021)	Número de agallas, biomasa	<i>P. lilacinum</i> PL251 solo y combinado con fluopyram	Control temprano :pl251: 46.43%, velum: 80.63%, pl251+velum : 74.41% control media : pl251: 32.92%, velum: 35.15%, pl251+velum: 46.02% Control tardía : pl251: 12.79%, velum: 16.73%, pl251+velum: 17.97%
Nie (2023)	Número de agallas y población	Cepa B01TG de <i>P. lilacinum</i>	Agallas por raíz Control : 377, Dazonet: 106, <i>P.lilacinun</i> YES: 287, Dazoment + <i>p.lilacinum</i> YES : 1
El-Ashry (2021)	Agallas, población de nematodos, biomasa raíz	<i>P. lilacinum</i> solo y con abamectina	Inhibición de 93.44% a 99%; aumento en peso radicular abamectina= 32.53%, emectina: 32.53%, <i>P.lilacinum</i> : 23.31%; Incremento Peso fresco de raíz = Abamectina: 12.32%,emectina: 5.72%, <i>p.lilacinum</i> : 13.40. Incremento peso fresco de hojas = Abamectin : 76.92, emectina: 51.28%, <i>P.lilacinum</i> : 69.23. Reduccion de agallas (%) =Abamectin : 77.59, emectina: 43.56, <i>P.lilacinum</i> : 73.85. Reducción de huevos = Abamectin : 70.63, emectina: 39.40, <i>P.lilacinum</i> : 71.37
Sharma (2021)	Reducción de nematodos, desarrollo planta	Formulación <i>P. lilacinum</i> (KDC + BGS)	Reducción de nematodos %: 62.5% y 71.8%
Ali (2021)	Agallas, peso fresco/planta	<i>P. lilacinum</i> solo y combinado con oxamyl	% de reducción : T3 <i>p.lilacinum</i> : 67.28%, T4 pseudomona y serratia: 35.68%, T5 oxamilo: 81.11%
Swibawa (2019)	J2 en suelo, raíces y número de agallas	<i>P. lilacinum</i> solo y con compost de bromelina	Daño : carbofruan: 76%, <i>P.lilacinum</i> : 40%, <i>p.lilacinum</i> + composr: 20%
Isaac (2024)	Agallas, biomasa aérea y radicular	Aplicación de <i>P. lilacinum</i> antes y después de infección	P.L 1 sem.antes: 45.1%, p.l 1 sem. después: 54.7% p.l una antes y una después:68.4% oxamil: 85.3%

Fuente: Elaboración propia

Uno de los resultados destacados es el de Niño-Arteaga (67), quien al combinar cepas del hongo con bioestimulantes como Exu-Root® y EPMB®, logró reducir el número de agallas por planta hasta en un 78%, lo que evidencia una sinergia beneficiosa entre el biocontrolador y promotores del desarrollo radicular. Por su parte, Dahlin (68) comparó *P. lilacinum* con fluopyram, observando que la combinación de ambos tratamientos rindió buenos resultados, *p.lilacinum* solo logra reducir hasta un 46.43% de afectación en las fases iniciales del cultivo, velum 80.63% y la combinación de ambos permite reducir hasta un 74.41%. En etapas intermedias la combinación muestra mayor control que el uso solo del químico. Con 46.02% para el uso combinado y 31.15% para uso exclusivo de químico.

El trabajo de Nie (65) fue especialmente contundente: al combinar *P. lilacinum* con el fumigante Dazomet, la cantidad de agallas por planta se redujo de 377 a apenas 1, demostrando el potencial del hongo como parte de un tratamiento combinado altamente eficaz. En tanto, El-Ashry (62) realizó un análisis detallado donde *P. lilacinum* mostró un comportamiento comparable al de abamectina en cuanto a reducción de agallas y mejoramiento del desarrollo radicular y foliar.

Sharma (69) desarrolló formulaciones del hongo basadas en residuos orgánicos como torta de Karanja y lodo de biogás, que superaron el 70% de efectividad, lo que resalta la importancia del soporte o medio en el que se cultiva el biocontrolador. Así mismo, Ali (70) encontró que *P. lilacinum* solo alcanzó una eficacia del 67.28%, mientras que el oxamyl logró 81.11%. Swibawa (64) probó *P. lilacinum* con compost de bromelina, y aunque el nivel de control fue moderado, se logró reducir el daño radicular a niveles similares al del carbofurán.

Finalmente, Isaac (71) demostró que el momento de aplicación influye directamente en los resultados: el uso del hongo antes y después de la infección por nematodos permitió alcanzar una reducción de agallas del 68.4% y un notable incremento en biomasa aérea, acercándose a los valores obtenidos con oxamyl.

Este resultado refuerza la idea de que *P. lilacinum*, además de controlar nematodos, puede favorecer el vigor de las plantas tratadas.

3.3. DISCUSIONES

Como se muestra en la Tabla 7, los estudios *in vitro* realizados con *Paecilomyces lilacinum* han permitido comprobar su eficacia como agente biológico en el control de *Meloidogyne spp.*, especialmente en etapas tempranas del ciclo del nematodo. En la investigación de Niño-Arteaga et al. (67), se observaron resultados muy favorables en los cuales las cepas H2 y H3 lograron inhibir la eclosión de huevos en un 96.33% y 99.22%, respectivamente, esta efectividad es atribuida a la capacidad del hongo para adherirse a la superficie del huevo, colonizarla y afectar el desarrollo del embrión. Según Khan et al. (72) y Moosavi & Zare, 2012 (73), *P. lilacinum* actúa como parásito facultativo, penetrando huevos y cutícula de hembras mediante hifas invasoras mediante la producción de enzimas quitinasas, proteasas (74) y metabolitos como ácido acético, toxinas y leucina (72) y ácido oxálico (75). Además, los autores señalan que el uso combinado con productos como Exu-Root® y EPMB® podría potenciar estos efectos, lo que abre paso a estrategias integradas de manejo integrado e incluyente de exudados y microorganismos eficaces.

De manera similar, El-Ashry et al. (62) reportaron inhibiciones de hasta un 99% en la eclosión de huevos tratándolos con *P. lilacinum*, y destacan que estos efectos se mantuvieron a lo largo de los días del ensayo, lo que sugiere un control sostenido en el tiempo. En concordancia con lo mencionado, Swarnakumari y Kalaiarasan (76), refiere que el micelio fúngico se adhiere al huevo en el primer día, forma apresorios el segundo día y coloniza completamente el huevo en 4 días. El hongo invade el interior de los huevos y los llena de hifas, lo que impide el desarrollo de los juveniles (77).

Swibawa (64) exploró el uso del hongo junto con compost de bromelina y observó que esta combinación no solo redujo más eficazmente la presencia de J2 en suelo y raíces, sino que además fue superior al carbofurán, un nematicida químico comúnmente utilizado. Por el contrario, Nekoval et al. (63) evaluaron la acción de distintas cepas fúngicas sobre juveniles J2 y encontraron que la cepa IG15 de *P. lilacinum* provocó una mortalidad de solo el 35.2%, mucho menor en comparación con

el químico Phytoverm, que alcanzó el 97.8%, esto puede deberse a que se partió de cultivos líquidos diluidos en los cuales no se reporta la concentración de las cepas lo cual puede ser un factor determinante de la baja actividad, pues como lo señala El-Ashry et al. (62) la concentración más efectiva para el control por *P.lilacinum* es de 3×10^6 UFC/mL con inhibición de 93.44% a los 4 días y hasta 99% con un tiempo de 10 días de acción. Esto sumado a que poblaciones elevadas de *M. incognita* limitan el efecto de *P.lilacinum* tal y como lo menciona Dahlin (68), y como refiere Carneuro y Cayrol, (78), *P.lilacinum* llega a parasitar solo el 50% de huevos, por lo que deja una gran cantidad de ellos para continuar con su ciclo reproductivo, esta evidencia sugiere por tanto la importancia de la reaplicación al cabo de 10 días para poder controlar efectivamente la población de nemátodos.

Los resultados analizados en condiciones de invernadero demuestran que *Paecilomyces lilacinum* es una herramienta viable para el control biológico de *Meloidogyne spp.*, aunque su eficacia puede variar dependiendo de la cepa, la formulación y las condiciones de aplicación. En general, su efectividad absoluta tiende a ser inferior a la de nematicidas químicos como oxamyl, abamectina o fluopyram; sin embargo, su valor reside en su perfil ambientalmente seguro, la posibilidad de combinaciones sinérgicas, y su capacidad de contribuir a un manejo integrado más sostenible. El uso de productos químicos permite el control de nematodos en suelo aunque su efecto disminuye con el tiempo (68) y además se cuenta con reportes de que Velum (fluopyram) posee movilidad moderada en suelo además de presentar residuos en frutos de pepino hasta 20 días después de su aplicación (79).

Varios autores destacan que el uso de *P. lilacinum* junto con otras estrategias (por ejemplo, bioestimulantes o pretratamientos químicos) mejora notablemente los resultados. Es el caso de Nie (65), quien al combinarlo con Dazomet logró prácticamente eliminar la presencia de agallas, o Niño-Arteaga (67), quien potenció su efecto mediante bioestimulantes. Este manejo conjunto resulta eficaz puesto que los químicos como Dazomet reducen la viabilidad y defensas inmunes de huevos y J2s de *M. incognita*, lo que facilita el posterior parasitismo por *Purpureocillium lilacinum* (YES-2-14), incrementando la eficacia del control. Así mismo este manejo conjunto

permite emplear dosis reducidas de productos químicos puesto que a dosis moderadas de Dazomet (7.5 mg/kg de suelo), el hongo muestra su máxima capacidad parasítica; y a dosis altas, cambia de parasitismo a necrotrofismo al alimentarse de huevos muertos (80) , esta evidencia brinda una alternativa sostenible u eficaz para el control de *Meloidogyne*.

Adicionalmente, al uso de *Meloidogyne*, *P. lilacinum* no solo brinda control, sino que también mejora parámetros agronómicos como el peso de raíces y hojas, con efectos comparables a plantas sanas no infectadas, mostrando su potencial para estimular el crecimiento vegetal (62) e inducir la resistencia sistémica en plantas (69). Isaac (71), demostró también que los tiempos de aplicación tienen efectos sobre el control de nemátodo y las características fisiológicas de la planta , así en aplicación pre y post infección se observó incrementos significativos en longitud de planta (+64.9%), peso fresco (+72.5%) y peso seco de parte aérea (+163.4%). Se sugiere que los efectos beneficiosos pueden deberse a la inducción de mecanismos fisiológicos de defensa en la planta, favorecer la absorción de nutrientes, inducir la producción de fitohormonas y facilitar la solubilización de minerales (81).

Estas características permiten considerar a *P. lilacinus* no solo como sustituto, sino como complemento ideal dentro de esquemas de rotación, alternancia o mezcla en programas fitosanitarios. La dosis de 10^7 esporas/g de suelo con eficacia de 94.5%, (69) permite usarlo dentro de los esquemas de manejo con preferencia en pre y post trasplante para asegurar mayor eficacia pero sin perjudicar los costos de producción.

Finalmente se puede mencionar que el uso de *P. lilacinus* como agente de biocontrol efectivo sobre *Meloidogyne* , depende la cepa a utilizar, el momento y forma de aplicación, condiciones ambientales y severidad de infestación. Una adecuada aplicación permitirá obtener resultados equiparables a productos químicos pero sin impacto ambiental negativo.

4. PERSPECTIVAS FUTURAS

El control biológico del nemátodo *Meloidogyne spp.* mediante la acción de *P. lilacinus* ha demostrado en la presente revisión una alta capacidad de control en etapas de huevos y en acción combinada con productos químicos, quedando aun muchos factores por evaluar para mejorar su efectividad. Proyectos nuevos deberán enfocarse en la evaluación de cepas nativas pues como se ha mencionado anteriormente la capacidad de control depende en gran medida del tipo de cepa empleada. Así mismo, dichas cepas podrían ser aisladas de diferentes zonas del Perú para tener un banco con organismos adaptados a diferentes condiciones de altura y frio que les confieren mejores capacidades de establecimiento, persistencia y control eficaz.

Además, una estrategia de recolección de cepas con mayor adaptación puede llevarse a cabo a partir de cultivo contaminados con nematodos mediante el uso de trampas específicas contra *P. lilacinus*, que pueden emplear huevos recolectados y usados en trampas de manera controlada. Investigaciones orientadas en esta perspectiva permitirán desarrollar soluciones adecuadas a nuestras condiciones climáticas, mejorar efectividad, generar producciones más económicas y sostenibles.

Por otro lado, la presente revisión permite confirmar la efectividad del uso de *P. lilacinus* dentro de un manejo integrado, que puede combinar practicas tradiciones y otras alternativas como el uso de bioestimulantes, buscando fomentar un uso más racional de productos químicos y disminuir el impacto ambiental.

El uso de microorganismos en el control de enfermedad permite no solo combatir patógenos, sino que brinda beneficios adicionales como restauradores de suelo y estimulantes del desarrollo vegetal, lo que permitirá en un futuro tener áreas de cultivo vivas y producciones elevadas.

Por tanto, la función del ingeniero biotecnólogo tendrá alcance desde investigaciones a nivel laboratorio como hasta evaluaciones en campo. Las cepas nativas aisladas deberán ser caracterizadas y evaluadas a nivel invitro con modelos controlados comparando su efectividad con cepas comerciales y productos químicos existentes, además podrá de forma natural someter a grandes cargas para sobre expresar mecanismos de control y obtener cepas mas eficientes. Asi mismo, dichas cepas nativas

deberán ser reproducidas bajo condiciones particulares de temperatura, humedad y sustratos, los cuales pueden influir en los metabolitos generados y el producción de biomasa; a su vez podrá desarrollar diversas formas de producción buscando siempre mayor concentración de esporas, con un proceso económico y simplificado que asegure condiciones mínimas de calidad tales como pureza y viabilidad. Seguidamente, el ingeniero biotecnólogo deberá desarrollar formulaciones que permitan una fácil aplicación en campo y que al mismo tiempo aseguren su vida en anaquel.

En campo, también el rol del ingeniero biotecnólogo es crucial puesto que es capaz de comprender la relación que existe entre las condiciones y nutrientes del suelo con la acción del biocontrolador, lo que le permitirá desarrollar estrategias de aplicación y protocolos.

Finalmente, se puede mencionar que *P. lilacinum* tiene un amplio potencial de control y que abre una puerta muy importante para generar conocimiento adaptado a nuestra realidad nacional, diversos cultivos, zonas geográficas, esquemas de aplicación e impacto ambiental generado.

5. CONCLUSIONES

- La revisión sistemática permitió demostrar que *P. lilacinum* posee una alta eficacia en el control de nematodos agalladores, alcanzando hasta un 99% de inhibición en la eclosión de huevos y más del 97% de mortalidad en juveniles (J2) en condiciones de laboratorio.
- Se evidenció que en condiciones de invernadero, las aplicaciones de *P. lilacinum* permite reducir la cantidad de agallas por planta hasta en un 78%, además de mejorar significativamente parámetros del crecimiento vegetal pues contribuye a incrementar en un 160% la biomasa aérea y más del 60% en la longitud de raíces.
- *P. lilacinum* puede ser usado en combinación con otros agentes o prácticas, como bioestimulantes o en alternancia con productos químicos, logrando una mayor eficiencia, lo cual lo hace un microorganismo ideal a usar en el manejo integrado de cultivos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

1. Siddiqi, M. R. 2000. Tylenchida: Parasies of plants and Insect. CAB Publishing. 2da Edition. United Kingdom. 805 pp.
2. Biodiversity of Nematoda parasites of vertebrates in Mexico Luis García-Prieto, David Osorio-Sarabia, Marcos Rafael Lamothe- Argumedo *Revista Mexicana de Biodiversidad* Volume 85, Supplement 1, January 2014, Pages 171-176 Ciencia direct
3. Integrated Management Of Root-Knot Nematodes In Mediterranean Horticultural Crops C. Ornat & F. J. Sorribas Ciancio & K. G. Mukerji (eds.), Integrated Management and Biocontrol of Vegetable and Grain Crops Nematodes, 295–319. © 2008 Springe
4. Pakeeratham, K., Mikunthan, G. and Tharshani, N. 2009. Effect of different animal manures on *Meloidogyne incognita* (Kafoid and White) on tomato. *World Journal of Agricultural Sciences*.5(4):432-435.
5. Sustainable Management of Nematodes in Agriculture, Vol.1: Organic Management Editors: 2022 Kamal Kishore Chaudhary, Mukesh Kumar Meghvansi
6. Fungal diversity, ecology and control management (2000). Vijay Rani Rajpal, Ishwar Singh, Shrishail S. Navi
7. DNA Fingerprinting of *Paecilomyces* Strains of Potential use for the Biological Control of Pests Peter W. Inglis, Rubia B. C. Sarmento, Camila F. C. Gavião & M. Cléria Valadares-Inglis *World Journal of Microbiology and Biotechnology* volume 21, pages1487– 1492 (2005)Cite this article
8. Evaluation of the fungal activity of *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* and *Paecilomyces lilacinus* as biocontrol agents against root- knot nematode, *Meloidogyne incognita* on cowpea Mahmoud M. A. Youssef.
9. Gabriela Fernández-Santillán¹ , Lisi Cerna-Rebaza² y Julio Chico- Ruiz² (2016) Eficacia de *Paecilomyces lilacinus* en el control de *Meloidogyne incognita* que ataca al cultivo de *Capsicum annuum*, “pimiento piquillo” Empresa Soluciones Agrosostenibles SAC. Trujillo- Perú

10. Wafaa M. A. El-Nagdi & Dalia E. M. Lotfy *Bulletin of the National Research Centre*
volume 44, Article number: 112 (2020)
11. Industrially Important Fungi for Sustainable Development Volume 2: Bioprospecting for
Biomolecules Ahmed M. Abdel-Azeem, Ajar Nath Yadav, Neelam Yadav, Minaxi Sharma
12. Ministerio de agricultura del Perú
13. Arcy, W.G.; (1979). The clasification of the Solanaceae. En: "Hawkes, J. G.; Lester, R. N.;
Skelding, A. D. (Eds). The Biology and Taxonomy of the Solanaceae. Academic Press, New York
& London":p. 3-47.
14. Matthew J.Page, Joanne E.McKenzie, Patrick M.Bossuyt, IsabelleBoutron,Tammy C.Hoffmann,
Cynthia D.Mulrow, et.al.The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting
systematic reviews. Revista Española de Cardiología,2021, Volume 74, Issue 9, September 2021,
Pages 790-799
15. Rodríguez, R.; Tabares, J.M.; Medina, J.A. (2001). Cultivo moderno del tomate. 2da Reimp
16. Lobo M., Medina C. I. (2001) Variabilidad morfológica en el tomate pajarito (lycopersicom
esculentum var ceraciforme), precursor del tomate cultivado. Revista Corpoica vol 3 n° 02
17. Williamson, VM, and Gleason, C. 2003. Plant –nematode interaction. Current opinion in Plant
Biology 6: 327-333.
18. Williamson, VM, and Hussey, RS. 1996. Nematode pathogenesis and resistance in plants. Plant
Cell. 8:1735-1745.
19. Eisenback, J., Hirschmann, H., Sasser, J. and Triantaphyllou, A. 1981. A Guide to the four most
common species of root-knot nematodes (Meloidogyne species), with a pictorial key. Ed(s).
International Meloidogyne Project.North Carolina State University and he United States Agency
for International Development. Raleigh, USA. 48 pp.
20. Williamson, VM, and Gleason, C. 2003. Plant –nematode interaction.Current opinion in Plant
Biology 6: 327-333.
21. Hussey, RS; Mims, CW. 1991. Protoplasma 156:9-18.
22. Mekete, T. Mandefro, W. and Greco, N. 2003. Relationship between initial population densities of
Meloidogyne javanica and damage to pepper and tomato in Ethiopia. Nematologia Mediterránea
31: 169-171
23. Taylor, L. y J.N. Sasser. 1983. Biología, identificación y control de los nematodos de nódulo de la
raíz. Proyecto Internacional de Meloidogyne, Universidad del Estado de Carolina del Norte y AID,
Carolina del Norte. 111 p.

24. Siddiqi, M. R. 2000. Tylenchida: Parasies of plants and Insect. CAB Publishing. 2da Edition. United Kingdom. 805 pp.
25. Williamson, VM, Lambert KN. and Kaloshian, I. 1994 Molecular biology of nematode resistance in tomato. En F Lamberti, CD Giorgi, DM Bird, eds, Advances in Molecular Plant Nematology. Plenum Press, New York. pp. 211-219.
26. Ploeg, T. 2000. Effects of amending soil with Tagetes patula cv. single gold on Meloidogyne incognita infestation of tomato. Nematology 2:289- 493.
27. Cuadra, R., Cruz, X., Ortega, J., Shagarodsky, T. and González, M. 2005. Respuesta de Lycopersicon spp. frente al ataque del nematodo de las agallas (Meloidogyne incognita). Revista Protección Vegetal. 20(2):114-121.
28. Dalmaso, A., Castagnose Sereno, P. and Abad, P. 1992. Seminar: tolerance and resistance of plants o nematodes – knowledge, needs and prospects. Nematologica 38:466-472.
29. Wallace, HR. 1971. The influence of the density of nematode populations on plants. Nematologica 17:154-166.
30. Taylor, L. y J.N. Sasser. 1983. Biología, identificación y control de los nematodos de nódulo de la raíz. Proyecto Internacional de Meloidogyne, Universidad del Estado de Carolina del Norte y AID, Carolina del Norte. 111 p.
31. Maleita, C.M., Vieira dos Santos, M.C., Curtis, R.H.C., Powers, S.J. and Abrantes, I.M. 2011. Effect of the Mi gene on reproduction of Meloidogyne hispanica on tomato genotypes. Nematology 13, 929–939.
32. Maggenti, A. R. 1990. Nematoda: HigerClasification. CAB International. USA. pp 147-187.
33. Jepson, S. 1987. Identification of root-knot nematodes (Meloidogyne species). CAB International. Wallinford, UK. 265 pp.
34. González, F., Gómez, L., Rodríguez, M., Piñón, M., Casanova, A., Gómez, O. y Rodríguez, Y. 2010. Respuesta de Genotipos de Solanáceas frente a Meloidogyne incognita (Kofoid y White) Chitwood raza2 y M. arenaria (Neal) Chitwood. Revista Protección Vegetal Vol. 25 No. 1: 51-57.
35. Moroz, V. and Husseyb, RS. 1996. Nematode Pathogenesis and Resistance in Plants. The Plant Cell.;1735-1745.
36. Wallace, HR. 1971. The influence of the density of nematode populations on plants. Nematologica 17:154-166
37. Verdejos-Lucas, S., Cortaoa, L., Sorribas, F.J. and Ornat, C. 2009. Selection of virulent populations

- of *Meloidogyne javanica* by repeated cultivation of Mi resistance gene tomato rootstocks under field conditions. *Plant Pathology*. 58: 990-998.
38. Almeida, I., Vegas, A., Pérez, D., Muñoz, J. y Malyshev, S-. 2015. Presencia del marcador Mi-23 de resistencia a *Meloidogyne incognita* como apoyo a la caracterización del germoplasma de tomate en Venezuela. *Bioagro* 27(1): 11-16.
 39. Esmenjaud, D., Minot, J.C., Voisin, R., Salesse, G., Simard, M.H. and Pinochet J. 1996. Portainjertos resistentes a nematodos. *Aconex*. 51:28-32.
 40. Gerhardson, B. (2002), "Biological substitutes for pesticides", *Trends in Biotechnol.*, 20, 338-342. Janisiewicz, W. y L. Korsten (2002), "Biological control of postharvest diseases of fruits", *Ann. Rev. Phytopathol.*, 40, 411-441.
 41. Piedra Naranjo, Ricardo. Manejo biológico de nematodos fitoparásitos con hongos y bacterias *Tecnología en Marcha*, Vol. 21-1, Enero-Marzo 2008, P. 123-132.
 42. Barron, G. L. The nematode-destroying fungi. *topics in Mycobiology* N.º1. Canadian Biological Publications Ltd., Guelph. (1977- actualizado 2005).
 43. Samson R.A.: (1974). *Paecilomyces* and some allied hyphomycetes. *Studies in Mycology / Baarn: Centralbureau voor Schimmelcultures*), 6:58.
 44. Houbraken J, Verweij P E, Rijs A, Borman A M, Samson R A. Identification of *Paecilomyces variotii* in clinical samples and settings. *J Clin Microbiol.*2010; 48: 2754-61. doi: 10.1128/JCM.00764-10.
 45. Lora, D.; R. Betancourth: "Evaluación de los hongos *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y *Paecilomyces lilacinus*. en el control de *Meloidogyne* spp. en Lulo *Solanum quitoense* y tomate de árbol *Solanum betacea*", *Memorias, VI Seminario Científico Internacional de Sanidad Vegetal*, La Habana, Cuba, 2008.
 46. Xiujuan, Y.; H. Xiujuan; Z. Liang: "Chitinasas of *Paecilomyces lilacinus* and studies on the biocontrol of plant parasitic nematodes", *Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis* 22(1):86-89, China, 2000. <http://perkinsltda.com.co/services/Paecilomyceslilacinus/>.
 47. Houbraken J, Verweij P E, Rijs A, Borman A M, Samson R A. Identification of *Paecilomyces variotii* in clinical samples and settings. *J Clin Microbiol.*2010; 48: 2754-61. doi: 10.1128/JCM.00764-10.
 48. Cañon, & Sanabria. (s,f). Evaluación De La Acción De Los Hongos *Paecilomyces lilacinus*, *Trichoderma harzianum* y *Lecanicillium lecanii* Sobre El Nematodo *Globodera pallida* Stone (Behrens) En Plantas De Papa Variedad Criolla Galeras.

<https://repository.udca.edu.co/handle/11158/764>.

49. Pomayay Yaranga VW. Efecto de las dosis de *Paecilomyces lilacinus* para el control de *Meloidogyne incognita* en condiciones de vivero en plantas de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) en el distrito de Río Negro [tesis de licenciatura]. Satipo (PE): Universidad Nacional del Centro del Perú; 2023. Disponible en: <https://repository.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/9463>
50. Integrated control of root-knot disease in three crop plants using chitin and *Paecilomyces lilacinus*. Geeta Saxena, K.G. Mukerji. Volume 14, Issue 8, December 1995, Pages 647-651
51. Carballo, M. y Guharay, F. (2004). Control biológico de plagas agrícolas. CATIE. Serie técnica manual. Managua.PBA. Ficha técnica.Tomado de : [/https://pba.pe/wp-content/uploads/2022/08/MATANEM.pdf](https://pba.pe/wp-content/uploads/2022/08/MATANEM.pdf). Perú.
52. Solagro. FUMOGAN [Internet]. Tipo de producto: Bioinsecticidas. Reg. N°071-SENASA-PBA-ACBM. [citado 2025 mayo 23]. Disponible en: <https://solagro.com.pe/productos/fumogan/>
53. Producción artesanal de *Paecilomyces lilacinus* para el control de nematodos (2009). Universidad Nacional Agraria. Financiado por PASA/DANIDA a través de FUNICA.
54. Matthew J.Page, Joanne E.McKenzie, Patrick M.Bossuyt, IsabelleBoutron,Tammy C.Hoffmann, Cynthia D.Mulrow, et.al.The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. Revista Española de Cardiología,2021, Volume 74, Issue 9, September 2021, Pages 790-799
55. Hooijmans CR, Rovers MM, de Vries RB, Leenaars M, Ritskes-Hoitinga M, Langendam MW. SYRCLE's risk of bias tool for animal studies. BMC Med Res Methodol. 2014 Mar 26;14:43. doi: 10.1186/1471-2288-14-43. PMID: 24667063; PMCID: PMC4230647.
56. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). *Guidelines for the registration of microbial, botanical and semiochemical pest control agents for plant protection and public health uses*. Rome: FAO; 2021. (FAO Plant Production and Protection Paper 243)
57. Higgins JPT, Altman DG, Gøtzsche PC, Jüni P, Moher D, Oxman AD, et al. The Cochrane Collaboration's tool for assessing risk of bias in randomised trials. *BMJ*. 2011;343:d5928. <https://doi.org/10.1136/bmj.d5928>
58. Hooijmans CR, Rovers MM, de Vries RBM, Leenaars M, Ritskes-Hoitinga M, Langendam MW. SYRCLE's risk of bias tool for animal studies. *BMC Med Res Methodol*. 2014;14:43. <https://doi.org/10.1186/1471-2288-14-43>

59. Ali AI, Mahgoub SA, Ahmed AF, Mosa WFA, El-Saadony MT, Mohamed MDA, et al. Utilizing endophytic plant growth-promoting bacteria and the nematophagous fungus *Purpureocillium lilacinum* as biocontrol agents against the root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*) on tomato plants. *Eur J Plant Pathol*. 2024;170:417–436. <https://doi.org/10.1007/s10658-024-02907-z>
60. Niño-Arteaga DM, Macías-López BC, Olivas Garcia JM, Alonso Gomez MA, Sánchez E, Muñoz Marquez E. Biocontrol of the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* with *Purpureocillium lilacinum* and liquid bio-formulates in tomato (*Solanum lycopersicum*). *Not Bot Horti Agrobo*. 2023;51:13010. <https://doi.org/10.15835/nbha51113010>
61. El-Ashry RM, Ali MAS, Elsobki AEA, Aioub AAA. Integrated management of *Meloidogyne incognita* on tomato using combinations of abamectin, *Purpureocillium lilacinum*, rhizobacteria, and botanicals compared with nematicide. *Egypt J Biol Pest Control*. 2021;31(93):1–10. <https://doi.org/10.1186/s41938-021-00438-x>
62. Nekoal SN, Chernyakovich MN, Churikova AK, Maskalenko OA, Muravyov VS. Efficiency of the fungi isolated from the tomato rhizosphere to control the north root-knot nematode *Meloidogyne hapla* Chitwood 1949. *Egypt J Biol Pest Control*. 2024;34:61. <https://doi.org/10.1186/s41938-024-00829-w>
63. Swibawa IG, Fitriana Y, Solikhin, Fiandani A, Suharjo R, Balqis S, et al. Effectiveness of bionematicide from *Purpureocillium lilacinum* in controlling root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.). *J Trop Plant Pests Dis*. 2024;24(2):181–189.
64. Nie H, Lv B, Sun M, Zhong Z, Li S. Pre-treatment with Dazomet enhances the biocontrol efficacy of *Purpureocillium lilacinum* to *Meloidogyne incognita*. *BMC Microbiol*. 2023;23:244. <https://doi.org/10.1186/s12866-023-02978-8>
65. López-Lima D, Alarcón-Utrera D, Ordáz-Meléndez JA, Villain L, Carrión G. *Metarhizium carneum* formulations: a promising new biological control to be incorporated in the integrated management of *Meloidogyne enterolobii* on tomato plants. *Plants*. 2023;12(19):3431. <https://doi.org/10.3390/plants12193431>
66. Niño-Arteaga DM, Macías-López BC, Olivas-García JM, Alonso-Gómez MA, Sánchez E, Muñoz-Márquez E. Biocontrol of the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* with *Purpureocillium lilacinum* and liquid bio-formulates in tomato (*Solanum lycopersicum*). *Not Bot Horti Agrobo*. 2023;51(1):13010. <https://doi.org/10.15835/nbha51113010>
67. Dahlin P, Eder R, Consoli E, Krauss J, Kiewnick S. Integrated control of *Meloidogyne incognita* in

- tomatoes using fluopyram and *Purpureocillium lilacinum* strain 251. *Crop Prot.* 2019;124:104874. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.104874PMC+3>
68. Sharma A, Sharma S, Sabir N, El-Sheikh MA, Alyemeni M. Impact assessment of Karanja deoiled cake and sundried biogas slurry as a mixed substrate on the nematocidal potential of *Purpureocillium lilacinum*. *J King Saud Univ Sci.* 2021;33(3):101399. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2021.101399>
 69. Ali AAI, Mahgoub SA, Ahmed AF, Mosa WFA, El-Saadony MT, Mohamed MDA, et al. Utilizing endophytic plant growth-promoting bacteria and the nematophagous fungus *Purpureocillium lilacinum* as biocontrol agents against the root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*) on tomato plants. *Eur J Plant Pathol.* 2024;170:417–436. <https://doi.org/10.1007/s10658-024-02907-z>
 70. Isaac GS, El-Deriny MM, Taha RG. Efficacy of *Purpureocillium lilacinum* AUMC 10149 as biocontrol agent against root-knot nematode *Meloidogyne incognita* infecting tomato plant. *Braz J Biol.* 2024;84:e253451. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.253451>
 71. Khan A, Williams KL, Nevalainen HKM. Control of plant-parasitic nematodes by *Paecilomyces lilacinus* and *Monacrosporium lysipagum* in pot trials. *Biol Control.* 2006;51:643–658
 72. Moosavi, M.R.; Zare, R. Fungi as biological control agents of plant-parasitic nematodes. In *Plant Defence: Biological Control. Progress in Biological Control*; Mérillon, J.M., Ramawat, K.G., Eds.; Springer: Cham, Switzerland, 2020; Volume 22, ISBN 978-3-030-51034-3.
 73. Deltedesco, E., Keiblinger, K. M., Piepho, H. P., Antonielli, L., Potsch, E. M., Zechmeister-Boltenstern, S., & Gorfer, M. (2020). Soil microbial community structure and function mainly respond to indirect effects in a multifactorial climate manipulation experiment. *Soil Biology and Biochemistry*, 142, 107704. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2020.107704>
 74. Hu, Y., Zhang, W., Zhang, P., Ruan, W., & Zhu, X. (2013). Nematicidal activity of chaetoglobosin A produced by *Chaetomium globosum* NK102 against *Meloidogyne incognita*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61, 41–46. <https://doi.org/10.1021/jf304314g>
 75. Swarnakumari, N., & Kalaiarasan, P. (2017). Mechanism of nematode infection by fungal antagonists, *Purpureocillium lilacinum* (Thom) Samson and

Pochonia chlamydosporia (Goddard) Zare & Gams 2001. *Pest Management in Horticultural Ecosystems*, 23, 165–169

76. HUANG, X., ZHAO, N. and ZHANG, K., 2004. Extracellular enzymes serving as virulence factors in nematophagous fungi involved in infection of the host. *Research in Microbiology*, vol. 155, no. 10, pp. 811-816. <http://dx.doi.org/10.1016/j.resmic.2004.07.003>. PMID:15567274
77. Carneiro, R., Cayrol, J.-C., 1991. Relationship between inoculum density of the nematophagous fungus *Paecilomyces lilacinus* and control of *Meloidogyne arenaria* on tomato. *Rev. Nematol.* 14, 629–634.
78. Chawla, S., Patel, D.J., Patel, S.H., Kalasariya, R.L., Shah, P.G., 2018. Behaviour and risk assessment of fluopyram and its metabolite in cucumber (*Cucumis sativus*) fruit and in soil. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 25, 11626–11634. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-1603-4>.
79. Sun MH, Gao L, Shi YX, Li BJ, Liu XZ. Fungi and actinomycetes associated with *Meloidogyne* spp. eggs and females in China and their biocontrol potential. *J Invertebr Pathol.* 2006;93:22–8.
80. HOL, W. and COOK, R., 2005. An overview of arbuscular mycorrhizal fungi-nematode interactions. *Basic and Applied Ecology*, vol. 6, no. 6, pp. 489-503. <http://dx.doi.org/10.1016/j.baae.2005.04.001>.

ANEXOS

Tabla A.1 Base de datos revisión sistemática completa.

ITEM	AUTOR	AÑO	TÍTULO DE ARTÍCULO	FUENTE	BASE DE DATOS	TIPO DOC	Acceso
1	Nekoval, SN; Chernyakovich, MN; Churikova, A	2024	Efficiency of the fungi isolated from the tomato rhizosphere to control the north	EGYPTIAN JOURNAL OF BIOLOGICAL PEST	Web of Science	Article	Acceso abierto
2	Liu, JB; Sun, JZ; Qiu, JY; Liu, XZ; Xiang, MC	2014	Integrated management of root-knot nematodes on tomato in glasshouse product	NEMATOLOGY	Web of Science	Article	
3	López-Lima, D; Alarcón-Utrera, D; Ordáz-Melén	2023	Metarhizium carneum Formulations: A Promising New Biological Control to Be Inc	PLANTS-BASEL	Web of Science	Article	Acceso abierto
4	Niño-Arteaga, DM; Macías-López, BC; Olivas-G	2023	Biocontrol of the root-knot nematode Meloidogyne incognita with Purpureocillium li	NOTULAE BOTANICAE HORTI AGROBOTANICI	Web of Science	Article	Acceso abierto
5	Cunha, DF; Pinto, TJB; Correia, VR; Miranda, A	2025	Comparative performance of biological formulations for the management of Meloi	CROP PROTECTION	Web of Science	Article	
6	Karabörklü, S; Aydinli, V; Dura, O	2022	The potential of Beauveria bassiana and Metarhizium anisopliae in controlling the	JOURNAL OF ASIA-PACIFIC ENTOMOLOGY	Web of Science	Article	
7	Mwangi, MW; Muiru, WM; Narla, RD; Kimenju, J	2019	Management of Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici and root-knot nematode dis	BIOCONTROL SCIENCE AND TECHNOLOGY	Web of Science	Article	
8	Kepeneci, I; Hazir, S; Oksal, E; Lewis, EE	2018	Application methods of Steinernema feltiae, Xenorhabdus bovienii and Purpureoc	CROP PROTECTION	Web of Science	Article	
9	Nagachandrabose, S; Sivathanu, L; Pon, SM; K	2024	Designing of nematode egg parasitic fungus, Purpureocillium lilacinum, nanoemul	NEMATOLOGY	Web of Science	Article	
10	Silva, SD; Carneiro, RMDG; Faria, M; Souza, D	2017	Evaluation of Pochonia chlamydosporia and Purpureocillium lilacinum for Suppres	JOURNAL OF NEMATOLOGY	Web of Science	Article	
11	Dahlin, P; Eder, R; Consoli, E; Krauss, J; Kiewn	2019	Integrated control of Meloidogyne incognita in tomatoes using fluopyram and Purp	CROP PROTECTION	Web of Science	Article	Acceso abierto
12	Tazi, H; Hamza, MA; Hallouti, A; Benjlil, H; Idhm	2021	Biocontrol potential of nematophagous fungi against Meloidogyne spp. infecting to	ORGANIC AGRICULTURE	Web of Science	Article	
13	Giné, A; Sorribas, FJ	2017	Effect of plant resistance and BioAct WG (Purpureocillium lilacinum strain 251) on	PEST MANAGEMENT SCIENCE	Web of Science	Article	Acceso abierto
14	Khalid, H; Aminuzzaman, FM; Amit, K; Faria, AA	2021	Evaluation of the combined application of Purpureocillium lilacinum PLSAU-1 and	EUROPEAN JOURNAL OF PLANT PATHOLOG	Web of Science	Article	
15	Singh, S; Pandey, RK; Goswami, BK	2013	Bio-control activity of Purpureocillium lilacinum strains in managing root-knot disea	BIOCONTROL SCIENCE AND TECHNOLOGY	Web of Science	Article	
16	Rigobelo, EC; Nicodemo, D; Babalola, OO; Des	2024	Purpureocillium lilacinum as an Agent of Nematode Control and Plant Growth-Pro	AGRONOMY-BASEL	Web of Science	Review	Acceso abierto
17	Munawar, M; Khan, SA; Javed, N; Haq, IU; Gon	2015	Bio-management of tomato wilt complex caused by Meloidogyne incognita and Fu	NEMATOLOGY	Web of Science	Article	
18	Nie, HZ; Lv, BN; Sun, MH; Zhong, ZM; Li, SD	2023	Pre-treatment with Dazomet enhances the biocontrol efficacy of purpureocillium li	BMC MICROBIOLOGY	Web of Science	Article	Acceso abierto
19	Liang, YJ; Ariyawansa, HA; Becker, JO; Yang, J	2020	The Evaluation of Egg-Parasitic Fungi Paraboeremia taiwanensis and Samsoniell	MICROORGANISMS	Web of Science	Article	Acceso abierto
20	El-Ashry, RM; Ali, MAS; Elsobki, AEA; Aioub, A	2021	Integrated management of Meloidogyne incognita on tomato using combinations	EGYPTIAN JOURNAL OF BIOLOGICAL PEST	Web of Science	Article	Acceso abierto
21	Girardi, NS; Sosa, AL; García, JL; Folis, F; Pass	2024	Physiological acclimatization in a medium amended with colloidal chitin improves	IRHIZOSPHERE	Web of Science	Article	
22	Sosa, AL; Girardi, NS; Rosso, LC; Salusso, F; P	2025	Integrated application of biological and biorational strategies for effective control o	JOURNAL OF PEST SCIENCE	Web of Science	Article; Early Access	
23	Sharma, A; Sharma, S; Sabir, N; El-Sheikh, MA	2021	Impact assessment of Karanja deoiled cake and sundried biogas slurry as a mixed	JOURNAL OF KING SAUD UNIVERSITY SCIE	Web of Science	Article	Acceso abierto
24	Kusakabe, A; Molnár, I; Stock, SP	2023	Photorhabdus-Derived Secondary Metabolites Reduce Root Infection by Meloidog	PLANT DISEASE	Web of Science	Article	
25	Ali, AAI; Mahgoub, SA; Ahmed, AF; Mosa, WFA	2024	Utilizing endophytic plant growth-promoting bacteria and the nematophagous fung	EUROPEAN JOURNAL OF PLANT PATHOLOG	Web of Science	Article	Acceso abierto
26	Nagachandrabose, S; Baidoo, R	2022	Humic acid - a potential bioresource for nematode control	NEMATOLOGY	Web of Science	Review	
27	Pontes, KB; Machado, ACZ; Nogueira, AF; Fagu	2024	Efficacy of microbiological nematicides in controlling root-knot nematodes in toma	FRONTIERS IN AGRONOMY	Web of Science	Article	Acceso abierto
28	Sosa, AL; Girardi, NS; Rosso, LC; Etcheverry, M	2022	In vitro compatibility of Brassicaceae extracts with nematophagous fungi and their	WORLD JOURNAL OF MICROBIOLOGY & BIC	Web of Science	Article	
29	Lan, XJ; Zhang, J; Zong, ZF; Ma, Q; Wang, Y	2017	Evaluation of the Biocontrol Potential of Purpureocillium lilacinum QLP12 against	BIOMED RESEARCH INTERNATIONAL	Web of Science	Article	Acceso abierto
30	Moreno-Salazar, R; Sánchez-García, I; Chan-C	2020	Plant growth, foliar nutritional content and fruit yield of Capsicum chinense bioferti	SCIENTIA HORTICULTURAE	Web of Science	Article	
31	Sharma A.; Sharma S.; Sabir N.; El-Sheikh M.A	2021	Impact assessment of Karanja deoiled cake and sundried biogas slurry as a mixed	Journal of King Saud University - Science	Scopus	Article	Acceso abierto
32	Sedhupathi K.; Kennedy Z.J.; Shanthi A.	2022	Interaction of Arbuscular Fungus (Rhizophagus irregularis), Bacillus subtilis and P	Indian Journal of Nematology	Scopus	Article	
33	Das N.; Waqar T.	2021	Bio-Efficacy of Purpureocillium lilacinum on Management of Root-Knot Nematode	Indian Journal of Nematology	Scopus	Article	
34	El-Ashry R.M.; Ali M.A.S.; Elsobki A.E.A.; Aioub	2021	Integrated management of Meloidogyne incognita on tomato using combinations	Egyptian Journal of Biological Pest Control	Scopus	Article	Acceso abierto
35	Silva S.D.; Carneiro R.M.D.G.; Faria M.; Souza	2017	Isolation of pochnonia chlamydosporia and purpureocillium lilacinum for suppress	Journal of Nematology	Scopus	Article	Acceso abierto
36	Niño-Arteaga D.M.; Macías-López B.C.; Olivas-	2023	Biocontrol of the root-knot nematode Meloidogyne incognita with Purpureocillium li	Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Nap	Scopus	Article	Acceso abierto
37	Swibawa I.G.; Fitriana Y.; Solikhin; Suharjo R.; S	2020	Morpho-molecular identification and pathogenicity test on fungal parasites of guav	Biodiversitas	Scopus	Article	Acceso abierto
38	Nekoval S.N.; Chernyakovich M.N.; Churikova A	2024	Efficiency of the fungi isolated from the tomato rhizosphere to control the north	Egyptian Journal of Biological Pest Control	Scopus	Article	Acceso abierto
39	Aminuzzaman F.M.; Jahan S.N.; Shammi J.; Mit	2018	Isolation and screening of fungi associated with eggs and females of root-knot ne	Archives of Phytopathology and Plant Protection	Scopus	Article	
40	Mwangi M.W.; Muiru W.M.; Narla R.D.; Kimenju	2019	Management of Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici and root-knot nematode dis	Biocontrol Science and Technology	Scopus	Article	
41	Sosa A.L.; Girardi N.S.; Rosso L.C.; Etchevery	2022	In vitro compatibility of Brassicaceae extracts with nematophagous fungi and their	World Journal of Microbiology and Biotechnolog	Scopus	Article	
42	Liu J.; Sun J.; Qiu J.; Liu X.; Xiang M.	2014	Integrated management of root-knot nematodes on tomato in glasshouse product	Nematology	Scopus	Article	
43	Nie H.; Lv B.; Sun M.; Zhong Z.; Li S.	2023	Pre-treatment with Dazomet enhances the biocontrol efficacy of purpureocillium li	BMC Microbiology	Scopus	Article	Acceso abierto
44	Gondal A.S.; Munawar M.; Khan S.A.; Javed N.	2015	Bio-management of tomato wilt complex caused by Meloidogyne incognita and Fu	Nematology	Scopus	Article	

Tabla A.1 Base de datos revisión sistemática completa (continuación)

45	Kepeneci I.; Hazir S.; Oksal E.; Lewis E.E.	2018	Application methods of <i>Steinernema feltiae</i> , <i>Xenorhabdus bovienii</i> and <i>Purpureocillium lilacinum</i> in controlling root-knot nematodes in tomato	Crop Protection	Scopus	Article	
46	Pontes K.B.; Machado A.C.Z.; Nogueira A.F.; Fd	2024	Efficacy of microbiological nematicides in controlling root-knot nematodes in tomato	Frontiers in Agronomy	Scopus	Article	Acceso abierto
47	Singh S.; Pandey R.K.; Goswami B.K.	2013	Bio-control activity of <i>Purpureocillium lilacinum</i> strains in managing root-knot disease	Biocontrol Science and Technology	Scopus	Article	
48	Seenivasan N.; Logaraj S.; Sathya M.P.; Raja K.	2024	Designing of nematode egg parasitic fungus, <i>Purpureocillium lilacinum</i> , nanoemul	Nematology	Scopus	Article	
49	López-Lima D.; Alarcón-Utrera D.; Ordáz-Melén	2023	<i>Metarhizium carneum</i> Formulations: A Promising New Biological Control to Be Inc	Plants	Scopus	Article	Acceso abierto
50	Cunha D.F.; Pinto T.J.B.; Correia V.R.; Júnior A.	2025	Comparative performance of biological formulations for the management of Meloid	Crop Protection	Scopus	Article	
51	Ali A.A.I.; Mahgoub S.A.; Ahmed A.F.; Mosa W.F.	2024	Utilizing endophytic plant growth-promoting bacteria and the nematophagous fung	European Journal of Plant Pathology	Scopus	Article	Acceso abierto
52	Dahlin P.; Eder R.; Consoli E.; Krauss J.; Kiewni	2019	Integrated control of <i>Meloidogyne incognita</i> in tomatoes using fluopyram and <i>Purp</i>	Crop Protection	Scopus	Article	Acceso abierto
53	Moosavi M.R.; Ghani M.	2019	The optimal concentrations of <i>Purpureocillium lilacinum</i> and jasmonic acid in cont	Archives of Phytopathology and Plant Protection	Scopus	Article	
54	Karaböklü S.; Aydinli V.; Dura O.	2022	The potential of <i>Beauveria bassiana</i> and <i>Metarhizium anisopliae</i> in controlling the	Journal of Asia-Pacific Entomology	Scopus	Article	
55	Sosa A.L.; Girardi N.S.; Rosso L.C.; Salusso F.	2025	Integrated application of biological and biorational strategies for effective control o	Journal of Pest Science	Scopus	Article	
56	Swibawa I.G.; Fitriana Y.; Solikhin; Fiandani A.	2024	Effectiveness of bionematicide from <i>Purpureocillium lilacinum</i> in controlling root-kr	Journal of Tropical Plant Pests and Diseases	Scopus	Article	Acceso abierto
57	Isaac G.S.; El-Deriny M.M.; Taha R.G.	2024	Efficacy of <i>Purpureocillium lilacinum</i> AJMC 10149 as biocontrol agent against root	Brazilian Journal of Biology	Scopus	Article	Acceso abierto
58	Gortari M.C.; Hours R.A.	2019	In vitro antagonistic activity of Argentinean isolates of <i>Purpureocillium lilacinum</i> on	Current Research in Environmental and Applied	Scopus	Article	Acceso abierto
59	Li X.; Liang L.-M.; Hua Z.-B.; Zhou X.-K.; Huang	2024	Eco-friendly management of <i>Meloidogyne incognita</i> in cadmium-contaminated soil	Environmental Research	Scopus	Article	
60	Giné A.; Sorribas F.J.	2017	Effect of plant resistance and BioAct WG (<i>Purpureocillium lilacinum</i> strain 251) on	Pest Management Science	Scopus	Article	Acceso abierto
61	Tazi H.; Hamza M.A.; Hallouti A.; Benjlil H.; Idhn	2021	Biocontrol potential of nematophagous fungi against <i>Meloidogyne</i> spp. infecting to	Organic Agriculture	Scopus	Article	
62	Girardi N.S.; Sosa A.L.; Loyola García J.; Folis f	2024	Physiological acclimatization in a medium amended with colloidal chitin improves	Rhizosphere	Scopus	Article	
1	Paul Dahlin, Reinhard Eder, Erika Consoli , Jür	2019	Integrated control of <i>Meloidogyne incognita</i> in tomatoes using fluopyram and <i>Purp</i>	Crop Protection	Science Direct	Article	Acceso abierto
2	Amir Khan, Mohammad Haris, Touseef Hussain	2023	Counter-attack of biocontrol agents: Environmentally benign Approaches against f	Heliyon	Science Direct	Revision	Acceso abierto
3	Angélica de Souza Gouveia, Thalita Suelen Ave	2023	Inoculation of <i>Pochonia chlamydosporia</i> triggers a defense response in tomato roo	Microbiological Research	Science Direct	Article	Acceso abierto
4	Nayane Oliveira Almeida, Camilla Martins de Ol	2022	<i>Trichoderma harzianum</i> and <i>Trichoderma asperellum</i> are potential biocontrol ager	Biological Control	Science Direct	Article	Acceso abierto
5	Abhishek Sharma, Satyawati Sharma, Naved S	2021	Impact assessment of Karanja deoiled cake and sundried biogas slurry as a mixe	Journal of King Saud University - Science	Science Direct	Article	Acceso abierto
6	Ahmed M. Eldeeb , Ahmed A. Gh. Farag , Muha	2022	Controlling of <i>Meloidogyne incognita</i> (Tylenchida: Heteroderidae) using nematicide	Saudi Journal of Biological Sciences	Science Direct	Article	Acceso abierto
7	Hanuman Prasad Saini, Mukesh Meena, Abhis	2025	A review on fungal endophytes of the family Fabaceae, their metabolic diversity a	Heliyon	Science Direct	Revision	Acceso abierto
8	Peterson S.O. Nunes, Gileno V. Lacerda-Junior	2024	Microbial consortia of biological products: Do they have a future?	Biological Control	Science Direct	Revision	Acceso abierto
9	Enrique Quesada-Moraga, Inmaculada Garrido-	2023	Ecosystem services of entomopathogenic ascomycetes	Journal of Invertebrate Pathology	Science Direct	Revision	Acceso abierto
10	McMaster Vambe, Roger M. Coopposamy, Geor	2023	Potential role of vermicompost and its extracts in alleviating climatic impacts on cr	Journal of Agriculture and Food Research	Science Direct	Article	Acceso abierto
11	Jorge Poveda, Paula Baptista	2021	Filamentous fungi as biocontrol agents in olive (<i>Olea europaea</i> L.) diseases: Mycc	Crop Protection	Science Direct	Revision	Acceso abierto
12	Rida Chaudhary, Ali Nawaz , Zermine Khattak ,	2024	Microbial bio-control agents: A comprehensive analysis on sustainable pest mana	Journal of Agriculture and Food Research	Science Direct	Revision	Acceso abierto
13	Soibam Ngasotter , K.A.Martin Xavier , Maibam	2023	Crustacean shell waste derived chitin and chitin nanomaterials for application in a	Carbohydrate Polymer Technologies and Applic	Science Direct	Article	Acceso abierto
14	Kannan Swathy, Perumal Vivekanandhan, Anai	2024	Biodegradation of pesticide in agricultural soil employing entomopathogenic fungi	Heliyon	Science Direct	Revision	Acceso abierto
15	Hang LIU, Feng-juan PAN , Xiao-zeng HAN , F	2020	A comprehensive analysis of the response of the fungal community structure to lo	Journal of Integrative Agriculture	Science Direct	Article	Acceso abierto
16	Fanny Smagghe , Robert Spooner-Hart , Zhong	2023	Biological control of arthropod pests in protected cropping by employing entomopa	Biological Control	Science Direct	Revision	Acceso abierto
17 hasta 94							

Tabla A.2 Identificación de duplicados

ITEM	AUTOR	AÑO	TÍTULO DE ARTÍCULO	FUENTE	BASE DE DATOS	TIPO DOC	Acceso
15	Hang LIU, Feng-juan PAN , Xiao-zeng HAN , F	2020	A comprehensive analysis of the response of the fungal community structure to lo	Journal of Integrative Agriculture	Science Direct	Article	Acceso abierto
7	Hanuman Prasad Saini, Mukesh Meena, Abhis	2025	A review on fungal endophytes of the family Fabaceae, their metabolic diversity at	Heliyon	Science Direct	Revision	Acceso abierto
8	Kepenekci I.; Hazir, S.; Oksal, E.; Lewis, EE	2018	Application methods of <i>Steinernema feltiae</i> , <i>Xenorhabdus bovienii</i> and <i>Purpureoc</i>	CROP PROTECTION	Web of Science	Article	
45	Kepenekci I.; Hazir S.; Oksal E.; Lewis E E.	2018	Application methods of <i>Steinernema feltiae</i> , <i>Xenorhabdus bovienii</i> and <i>Purpureoc</i>	Crop Protection	Scopus	Article	
15	Singh, S.; Pandey, RK; Goswami, BK	2013	Bio-control activity of <i>Purpureocillium lilacinum</i> strains in managing root-knot disea	BIOCONTROL SCIENCE AND TECHNOLOGY	Web of Science	Article	
47	Singh S.; Pandey R.K.; Goswami B.K	2013	Bio-control activity of <i>Purpureocillium lilacinum</i> strains in managing root-knot disea	Biocontrol Science and Technology	Scopus	Article	
4	Niño-Arteaga, DM; Macías-López, BC; Olivas-G	2023	Biocontrol of the root-knot nematode <i>Meloidogyne incognita</i> with <i>Purpureocillium li</i>	NOTULAE BOTANICAE HORTI AGROBOTANICI CLUJ-NAPOCA	Web of Science	Article	Acceso abierto
36	Niño-Arteaga D.M.; Macías-López B.C.; Olivas-G	2023	Biocontrol of the root-knot nematode <i>Meloidogyne incognita</i> with <i>Purpureocillium li</i>	Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca	Scopus	Article	Acceso abierto
12	Tazi, H.; Hamza, MA; Hallouti, A.; Benjlil, H.; Idhm	2021	Biocontrol potential of nematophagous fungi against <i>Meloidogyne</i> spp. infecting to	ORGANIC AGRICULTURE	Web of Science	Article	
61	Tazi H.; Hamza M.A.; Hallouti A.; Benjlil H.; Idhm	2021	Biocontrol potential of nematophagous fungi against <i>Meloidogyne</i> spp. infecting to	Organic Agriculture	Scopus	Article	
14	Kannan Swathy, Perumal Vivekanandhan, Anai	2024	Biodegradation of pesticide in agricultural soil employing entomopathogenic fungi	Heliyon	Science Direct	Revision	Acceso abierto
33	Das N.; Waquar T.	2021	Bio-Efficacy of <i>Purpureocillium lilacinum</i> on Management of Root-Knot Nematode	Indian Journal of Nematology	Scopus	Article	
16	Fanny Smagghe , Robert Spooner-Hart , Zhong	2023	Biological control of arthropod pests in protected cropping by employing entomopa	Biological Control	Science Direct	Revision	Acceso abierto
17	Munawar, M.; Khan, SA; Javed, N.; Haq, IU; Gon	2015	Bio-management of tomato wilt complex caused by <i>Meloidogyne incognita</i> and <i>Fu</i>	NEMATOTOLOGY	Web of Science	Article	
44	Gondal A.S.; Munawar M.; Khan S.A.; Javed N.	2015	Bio-management of tomato wilt complex caused by <i>Meloidogyne incognita</i> and <i>Fu</i>	Nematology	Scopus	Article	
5	Cunha, DF; Pinto, TJB; Correia, VR; Miranda, A	2025	Comparative performance of biological formulations for the management of Meloi	CROP PROTECTION	Web of Science	Article	
50	Cunha D.F.; Pinto T.J.B.; Correia V.R.; Júnior A.	2025	Comparative performance of biological formulations for the management of Meloi	Crop Protection	Scopus	Article	
6	Ahmed M. Eldeeb , Ahmed A. Gh. Farag , Muh	2022	Controlling of <i>Meloidogyne incognita</i> (Tylenchida: Heteroderidae) using nematocide	Saudi Journal of Biological Sciences	Science Direct	Article	Acceso abierto
2	Amir Khan, Mohammad Haris, Touseef Hussain	2023	Counter-attack of biocontrol agents: Environmentally benign Approaches against t	Heliyon	Science Direct	Revision	Acceso abierto
13	Soibam Ngasotter , K.A.Martin Xavier , Maibam	2023	Crustacean shell waste derived chitin and chitin nanomaterials for application in a	Carbohydrate Polymer Technologies and Applications	Science Direct	Article	Acceso abierto
48	Seenivasan N.; Logaraj S.; Sathya M.P.; Raja K	2024	Designing of nematode egg parasitic fungus, <i>Purpureocillium lilacinum</i> , nanoemul	Nematology	Scopus	Article	
9	Nagachandrabose, S; Sivathanu, L.; Pon, SM; K	2024	Designing of nematode egg parasitic fungus, <i>Purpureocillium lilacinum</i> , nanoemul	NEMATOTOLOGY	Web of Science	Article	
59	Li X.; Liang L.-M.; Hua Z.-B.; Zhou X.-K.; Huang	2024	Eco-friendly management of <i>Meloidogyne incognita</i> in cadmium-contaminated soi	Environmental Research	Scopus	Article	
9	Enrique Quesada-Moraga, Inmaculada Garrido-	2023	Ecosystem services of entomopathogenic ascomycetes	Journal of Invertebrate Pathology	Science Direct	Revision	Acceso abierto
13	Giné, A; Sorribas, FJ	2017	Effect of plant resistance and BioAct WG (<i>Purpureocillium lilacinum</i> strain 251) on	PEST MANAGEMENT SCIENCE	Web of Science	Article	Acceso abierto
60	Giné A.; Sorribas F.J.	2017	Effect of plant resistance and BioAct WG (<i>Purpureocillium lilacinum</i> strain 251) on	Pest Management Science	Scopus	Article	Acceso abierto
56	Swibawa I.G.; Fitriana Y.; Solikhin; Flandani A.	2024	Effectiveness of bio-nematicide from <i>Purpureocillium lilacinum</i> in controlling root-ki	Journal of Tropical Plant Pests and Diseases	Scopus	Article	Acceso abierto
27	Pontes, KB; Machado, ACZ; Nogueira, AF; Fagi	2024	Efficacy of microbiological nematicides in controlling root-knot nematodes in toma	FRONTIERS IN AGRONOMY	Web of Science	Article	Acceso abierto
46	Pontes K.B.; Machado A.C.Z.; Nogueira A.F.; Fa	2024	Efficacy of microbiological nematicides in controlling root-knot nematodes in toma	Frontiers in Agronomy	Scopus	Article	Acceso abierto
57	Isaac G.S.; El-Deriny M.M.; Taha R.G.	2024	Efficacy of <i>Purpureocillium lilacinum</i> AUMC 10149 as biocontrol agent against rod	Brazilian Journal of Biology	Scopus	Article	Acceso abierto
1	Nekoval, SN; Chernyakovich, MN; Churikova, A	2024	Efficiency of the fungi isolated from the tomato rhizosphere to control the north ro	EGYPTIAN JOURNAL OF BIOLOGICAL PEST CONT	Web of Science	Article	Acceso abierto
38	Nekoval S.N.; Chernyakovich M.N.; Churikova A	2024	Efficiency of the fungi isolated from the tomato rhizosphere to control the north ro	Egyptian Journal of Biological Pest Control	Scopus	Article	Acceso abierto
10	Silva, SD; Carneiro, RMDG; Faria, M; Souza, D	2017	Evaluation of <i>Pochonia chlamydosporia</i> and <i>Purpureocillium lilacinum</i> for Suppres	JOURNAL OF NEMATOTOLOGY	Web of Science	Article	
35	Silva S.D.; Carneiro R.M.D.G.; Faria M.; Souza	2017	Evaluation of <i>pochonia chlamydosporia</i> and <i>purpureocillium lilacinum</i> for suppress	Journal of Nematology	Scopus	Article	Acceso abierto
29	Lan, XJ; Zhang, J; Zong, ZF; Ma, Q; Wang, Y	2017	Evaluation of the Biocontrol Potential of <i>Purpureocillium lilacinum</i> QLP12 against t	BIOMED RESEARCH INTERNATIONAL	Web of Science	Article	Acceso abierto
14	Khalid, H; Aminuzzaman, FM; Amit, K; Faria, A	2021	Evaluation of the combined application of <i>Purpureocillium lilacinum</i> PLSAU-1 and	EUROPEAN JOURNAL OF PLANT PATHOLOGY	Web of Science	Article	
11	Jorge Poveda, Paula Baptista	2021	Filamentous fungi as biocontrol agents in olive (<i>Olea europaea</i> L.) diseases: Myc	Crop Protection	Science Direct	Revision	Acceso abierto
26	Nagachandrabose, S; Baidoo, R	2022	Humic acid - a potential bioresource for nematode control	NEMATOTOLOGY	Web of Science	Review	
23	Sharma, A; Sharma, S; Sabir, N; El-Sheikh, MA	2021	Impact assessment of Karanja deoiled cake and sundried biogas slurry as a mixe	JOURNAL OF KING SAUD UNIVERSITY SCIENCE	Web of Science	Article	Acceso abierto
31	Sharma A.; Sharma S.; Sabir N.; El-Sheikh M.A	2021	Impact assessment of Karanja deoiled cake and sundried biogas slurry as a mixe	Journal of King Saud University - Science	Scopus	Article	Acceso abierto
5	Abhishek Sharma, Satyawati Sharma, Naved S	2021	Impact assessment of Karanja deoiled cake and sundried biogas slurry as a mixe	Journal of King Saud University - Science	Science Direct	Article	Acceso abierto
58	Gortari M.C.; Hours R.A.	2019	In vitro antagonistic activity of Argentinean isolates of <i>Purpureocillium lilacinum</i> on	Current Research in Environmental and Applied Mycol	Scopus	Article	Acceso abierto
28	Sosa, AL; Girardi, NS; Rosso, LC; Etcheverry, M	2022	In vitro compatibility of Brassicaceae extracts with nematophagous fungi and their	WORLD JOURNAL OF MICROBIOLOGY & BIOTECH	Web of Science	Article	
41	Sosa A.L.; Girardi N.S.; Rosso L.C.; Etcheverry	2022	In vitro compatibility of Brassicaceae extracts with nematophagous fungi and their	World Journal of Microbiology and Biotechnology	Scopus	Article	
3	Angélica de Souza Gouveia, Thalita Suelen Ave	2023	Inoculation of <i>Pochonia chlamydosporia</i> triggers a defense response in tomato ro	Microbiological Research	Science Direct	Article	Acceso abierto
55	Sosa A.L.; Girardi N.S.; Rosso L.C.; Salusso F.	2025	Integrated application of biological and biorational strategies for effective control o	Journal of Pest Science	Scopus	Article	
22	Sosa, AL; Girardi, NS; Rosso, LC; Salusso, F; P	2025	Integrated application of biological and biorational strategies for effective control o	JOURNAL OF PEST SCIENCE	Web of Science	Article, Early Access	
11	Dahlin, P.; Eder, R.; Consoli, E.; Krauss, J.; Kiemi	2019	Integrated control of <i>Meloidogyne incognita</i> in tomatoes using fluopyram and <i>Purp</i>	CROP PROTECTION	Web of Science	Article	Acceso abierto
52	Dahlin P.; Eder R.; Consoli E.; Krauss J.; Kiemi	2019	Integrated control of <i>Meloidogyne incognita</i> in tomatoes using fluopyram and <i>Purp</i>	Crop Protection	Scopus	Article	Acceso abierto
1	Paul Dahlin, Reinhard Eder, Erika Consoli , Jür	2019	Integrated control of <i>Meloidogyne incognita</i> in tomatoes using fluopyram and <i>Purp</i>	Crop Protection	Science Direct	Article	Acceso abierto

Tabla A.2 Identificación de duplicados (continuación)

20	El-Ashry, RM; Ali, MAS; Elsobki, AEA; Aioub, A	2021	Integrated management of Meloidogyne incognita on tomato using combinations of	EGYPTIAN JOURNAL OF BIOLOGICAL PEST CONTROL	Web of Science	Article	Acceso abierto
34	El-Ashry R.M.; Ali M.A.S.; Elsobki A.E.A.; Aioub	2021	Integrated management of Meloidogyne incognita on tomato using combinations of	Egyptian Journal of Biological Pest Control	Scopus	Article	Acceso abierto
2	Liu, JB; Sun, JZ; Qiu, JY; Liu, XZ; Xiang, MC	2014	Integrated management of root-knot nematodes on tomato in glasshouse production	NEMATODOLOGY	Web of Science	Article	
42	Liu J.; Sun J.; Qiu J.; Liu X.; Xiang M.	2014	Integrated management of root-knot nematodes on tomato in glasshouse production	Nematology	Scopus	Article	
32	Sedhupathi K.; Kennedy Z.J.; Shanthi A.	2022	Interaction of Arbuscular Fungus (Rhizophagus irregularis), Bacillus subtilis and P	Indian Journal of Nematology	Scopus	Article	
39	Aminuzzaman F.M.; Jahan S.N.; Shammi J.; Mit	2018	Isolation and screening of fungi associated with eggs and females of root-knot ne	Archives of Phytopathology and Plant Protection	Scopus	Article	
7	Mwangi, MW; Muiru, WM; Naria, RD; Kimenju, J	2019	Management of Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici and root-knot nematode di	BIOCONTROL SCIENCE AND TECHNOLOGY	Web of Science	Article	
40	Mwangi M.W.; Muiru W.M.; Naria R.D.; Kimenju	2019	Management of Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici and root-knot nematode di	Biocontrol Science and Technology	Scopus	Article	
3	López-Lima, D; Alarcón-Utrera, D; Ordáz-Melén	2023	Metarhizium carneum Formulations: A Promising New Biological Control to Be Ind	PLANTS-BASEL	Web of Science	Article	Acceso abierto
49	López-Lima D.; Alarcón-Utrera D.; Ordáz-Melén	2023	Metarhizium carneum Formulations: A Promising New Biological Control to Be Ind	Plants	Scopus	Article	Acceso abierto
12	Rida Chaudhary, Ali Nawaz, Zermine Khattak	2024	Microbial bio-control agents: A comprehensive analysis on sustainable pest mana	Journal of Agriculture and Food Research	Science Direct	Revision	Acceso abierto
8	Peterson S.O. Nunes, Gileno V. Lacerda-Junior	2024	Microbial consortia of biological products: Do they have a future?	Biological Control	Science Direct	Revision	Acceso abierto
37	Swibawa I.G.; Fitriana Y.; Solikhin; Suharjo R.; S	2020	Morpho-molecular identification and pathogenicity test on fungal parasites of guay	Biodiversitas	Scopus	Article	Acceso abierto
24	Kusakabe, A; Molnár, I; Stock, SP	2023	Photorhabdus-Derived Secondary Metabolites Reduce Root Infection by Meloidog	PLANT DISEASE	Web of Science	Article	
21	Girardi, N.S.; Sosa, A.L.; García, J.L.; Folis, F; Pass	2024	Physiological acclimatization in a medium amended with colloidal chitin improves	RHIZOSPHERE	Web of Science	Article	
62	Girardi N.S.; Sosa A.L.; Loyola García J.; Folis F	2024	Physiological acclimatization in a medium amended with colloidal chitin improves	Rhizosphere	Scopus	Article	
3	Moreno-Salazar, R; Sánchez-García, I; Chan-C	2020	Plant growth, foliar nutritional content and fruit yield of Capsicum chinense biofer	SCIENTIA HORTICULTURAE	Web of Science	Article	
10	McMaster Vambe, Roger M. Coopooamy, Geol	2023	Potential role of vermicompost and its extracts in alleviating climatic impacts on cr	Journal of Agriculture and Food Research	Science Direct	Article	Acceso abierto
18	Nie, HZ; Lv, BN; Sun, MH; Zhong, ZM; Li, SD	2023	Pre-treatment with Dazomet enhances the biocontrol efficacy of purpureocillium lil	BMC MICROBIOLOGY	Web of Science	Article	Acceso abierto
43	Nie H.; Lv B.; Sun M.; Zhong Z.; Li S.	2023	Pre-treatment with Dazomet enhances the biocontrol efficacy of purpureocillium lil	BMC Microbiology	Scopus	Article	Acceso abierto
16	Rigobelo, EC; Nicodemo, D; Babalola, OO; Des	2024	Purpureocillium lilacinum as an Agent of Nematode Control and Plant Growth-Pro	AGRONOMY-BASEL	Web of Science	Review	Acceso abierto
19	Liang, Y.J; Ariyawansa, HA; Becker, JO; Yang, J	2020	The Evaluation of Egg-Parasitic Fungi Paraboeremia taiwanensis and Samsoniell	MICROORGANISMS	Web of Science	Article	Acceso abierto
53	Moosavi M.R.; Ghani M.	2019	The optimal concentrations of Purpureocillium lilacinum and jasmonic acid in conti	Archives of Phytopathology and Plant Protection	Scopus	Article	
6	Karaborklu, S; Aydinli, V; Dura, O	2022	The potential of Beauveria bassiana and Metarhizium anisopliae in controlling the	JOURNAL OF ASIA-PACIFIC ENTOMOLOGY	Web of Science	Article	
54	Karaborklu S.; Aydinli V.; Dura O.	2022	The potential of Beauveria bassiana and Metarhizium anisopliae in controlling the	Journal of Asia-Pacific Entomology	Scopus	Article	
4	Nayane Oliveira Almeida, Camilla Martins de Ol	2022	Trichoderma harzianum and Trichoderma asperellum are potential biocontrol ager	Biological Control	Science Direct	Article	Acceso abierto
25	Ali, AAI; Mahgoub, SA; Ahmed, AF; Mosa, WFA	2024	Utilizing endophytic plant growth-promoting bacteria and the nematophagous fung	EUROPEAN JOURNAL OF PLANT PATHOLOGY	Web of Science	Article	Acceso abierto
51	Ali A.A.I.; Mahgoub S.A.; Ahmed A.F.; Mosa W.F	2024	Utilizing endophytic plant growth-promoting bacteria and the nematophagous fung	European Journal of Plant Pathology	Scopus	Article	Acceso abierto
17 hasta 94							

Tabla A.3 Sin duplicados

ITEM	AUTOR	AÑO	TÍTULO DE ARTÍCULO	FUENTE	BASE DE DATOS	TIPO DOC	Acceso
1	Nekoval, SN; Chernyakovich, MN; Churikova, A	2024	Efficiency of the fungi isolated from the tomato rhizosphere to control the north ro	EGYPTIAN JOURNAL OF BIOLOGICAL PEST CONT	Web of Science	Article	Acceso abierto
2	Liu, JB; Sun, JZ; Qiu, JY; Liu, XZ; Xiang, MC	2014	Integrated management of root-knot nematodes on tomato in glasshouse producti	NEMATOTOLOGY	Web of Science	Article	
3	López-Lima, D; Alarcón-Utrera, D; Ordáz-Melén	2023	Metarhizium carneum Formulations: A Promising New Biological Control to Be Ind	PLANTS-BASEL	Web of Science	Article	Acceso abierto
4	Nifo-Arteaga, DM; Macías-López, BC; Olivas-G	2023	Biocontrol of the root-knot nematode Meloidogyne incognita with Purpureocillium lil	NOTULAE BOTANICAE HORTI AGROBOTANICI CLU	Web of Science	Article	Acceso abierto
5	Cunha, DF; Pinto, TJB; Correia, VR; Miranda, A	2025	Comparative performance of biological formulations for the management of Meloi	CROP PROTECTION	Web of Science	Article	
6	Karabörklü, S; Aydinli, V; Dura, O	2022	The potential of Beauveria bassiana and Metarhizium anisopliae in controlling the	JOURNAL OF ASIA-PACIFIC ENTOMOLOGY	Web of Science	Article	
7	Mwangi, MW; Muiru, WM; Narla, RD; Kimenju, J	2019	Management of Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici and root-knot nematode dis	BIOCONTROL SCIENCE AND TECHNOLOGY	Web of Science	Article	
8	Kepenekci, I; Hazir, S; Oksal, E; Lewis, EE	2018	Application methods of Steinernema feltiae, Xenorhabdus bovienii and Purpureoc	CROP PROTECTION	Web of Science	Article	
10	Silva, SD; Carneiro, RMDG; Faria, M; Souza, D	2017	Evaluation of Pochonia chlamydosporia and Purpureocillium lilacinum for Suppres	JOURNAL OF NEMATOTOLOGY	Web of Science	Article	
11	Dahlin, P; Eder, R; Consoli, E; Krauss, J; Kiewn	2019	Integrated control of Meloidogyne incognita in tomatoes using fluopyram and Purp	CROP PROTECTION	Web of Science	Article	Acceso abierto
12	Tazi, H; Hamza, M; Hallouti, A; Benjlil, H; Idhm	2021	Biocontrol potential of nematophagous fungi against Meloidogyne spp. infecting to	ORGANIC AGRICULTURE	Web of Science	Article	
13	Giné, A; Sorribas, FJ	2017	Effect of plant resistance and BioAct WG (Purpureocillium lilacinum strain 251) on	PEST MANAGEMENT SCIENCE	Web of Science	Article	Acceso abierto
14	Khalid, H; Aminuzzaman, FM; Amit, K; Faria, AF	2021	Evaluation of the combined application of Purpureocillium lilacinum PLSAU-1 and	EUROPEAN JOURNAL OF PLANT PATHOLOGY	Web of Science	Article	
15	Singh, S; Pandey, RK; Goswami, BK	2013	Bio-control activity of Purpureocillium lilacinum strains in managing root-knot disea	BIOCONTROL SCIENCE AND TECHNOLOGY	Web of Science	Article	
16	Rigobelo, EC; Nicodemo, D; Babalola, OO; Des	2024	Purpureocillium lilacinum as an Agent of Nematode Control and Plant Growth-Pro	AGRONOMY-BASEL	Web of Science	Review	Acceso abierto
17	Munawar, M; Khan, SA; Javed, N; Haq, IU; Gon	2015	Bio-management of tomato wilt complex caused by Meloidogyne incognita and Fu	NEMATOTOLOGY	Web of Science	Article	
18	Nie, HZ; Lv, BN; Sun, MH; Zhong, ZM; Li, SD	2023	Pre-treatment with Dazomet enhances the biocontrol efficacy of purpureocillium lil	BMC MICROBIOLOGY	Web of Science	Article	Acceso abierto
19	Liang, YJ; Ariyawansa, HA; Becker, JO; Yang, J	2020	The Evaluation of Egg-Parasitic Fungi Paraboeremia taiwanensis and Samsoniella	MICROORGANISMS	Web of Science	Article	Acceso abierto
20	El-Ashry, RM; Ali, MAS; Elsobki, AEA; Aioub, AF	2021	Integrated management of Meloidogyne incognita on tomato using combinations of	EGYPTIAN JOURNAL OF BIOLOGICAL PEST CONT	Web of Science	Article	Acceso abierto
21	Girardi, NS; Sosa, AL; García, JL; Folis, F; Pass	2024	Physiological acclimatization in a medium amended with colloidal chitin improves	RHIZOSPHERE	Web of Science	Article	
23	Sharma, A; Sharma, S; Sabir, N; El-Sheikh, MA	2021	Impact assessment of Karanja deoiled cake and sundried biogas slurry as a mixed	JOURNAL OF KING SAUD UNIVERSITY SCIENCE	Web of Science	Article	Acceso abierto
24	Kusakabe, A; Molnár, I; Stock, SP	2023	Photorhabdus-Derived Secondary Metabolites Reduce Root Infection by Meloidog	PLANT DISEASE	Web of Science	Article	
25	Ali, AA; Mahgoub, SA; Ahmed, AF; Mosa, WFA	2024	Utilizing endophytic plant growth-promoting bacteria and the nematophagous fung	EUROPEAN JOURNAL OF PLANT PATHOLOGY	Web of Science	Article	Acceso abierto
26	Nagachandrabose, S; Baidoo, R	2022	Humic acid - a potential bioresource for nematode control	NEMATOTOLOGY	Web of Science	Review	
27	Pontes, KB; Machado, ACZ; Nogueira, AF; Fagi	2024	Efficacy of microbiological nematicides in controlling root-knot nematodes in toma	FRONTIERS IN AGRONOMY	Web of Science	Article	Acceso abierto
28	Sosa, AL; Girardi, NS; Rosso, LC; Etcheverry, M	2022	In vitro compatibility of Brassicaceae extracts with nematophagous fungi and their	WORLD JOURNAL OF MICROBIOLOGY & BIOTECH	Web of Science	Article	
29	Lan, XJ; Zhang, J; Zong, ZF; Ma, Q; Wang, Y	2017	Evaluation of the Biocontrol Potential of Purpureocillium lilacinum QLP12 against	BIOMED RESEARCH INTERNATIONAL	Web of Science	Article	Acceso abierto
30	Moreno-Salazar, R; Sánchez-García, I; Chan-C	2020	Plant growth, foliar nutritional content and fruit yield of Capsicum chinense biofer	SCIENTIA HORTICULTURAE	Web of Science	Article	
32	Sedhupathi K.; Kennedy Z.J.; Shanthi A.	2022	Interaction of Arbuscular Fungus (Rhizophagus irregularis), Bacillus subtilis and P	Indian Journal of Nematology	Scopus	Article	
33	Das N.; Waqar T.	2021	Bio-Efficacy of Purpureocillium lilacinum on Management of Root-Knot Nematode	Indian Journal of Nematology	Scopus	Article	
37	Swibawa I.G.; Fitriana Y.; Solikhin; Suharjo R.; S	2020	Morpho-molecular identification and pathogenicity test on fungal parasites of guav	Biodiversitas	Scopus	Article	Acceso abierto
39	Aminuzzaman F.M.; Jahan S.N.; Shammi J.; Mit	2018	Isolation and screening of fungi associated with eggs and females of root-knot ne	Archives of Phytopathology and Plant Protection	Scopus	Article	
48	Seenivasan N.; Logaraj S.; Sathya M.P.; Raja K	2024	Designing of nematode egg parasitic fungus, Purpureocillium lilacinum, nanoemul	Nematology	Scopus	Article	
53	Moosavi M.R.; Ghani M.	2019	The optimal concentrations of Purpureocillium lilacinum and jasmonic acid in cont	Archives of Phytopathology and Plant Protection	Scopus	Article	
55	Sosa A.L.; Girardi N.S.; Rosso L.C.; Salusso F.	2025	Integrated application of biological and biorational strategies for effective control o	Journal of Pest Science	Scopus	Article	
56	Swibawa I.G.; Fitriana Y.; Solikhin; Fiandani A.	2024	Effectiveness of bionematicide from Purpureocillium lilacinum in controlling root-ki	Journal of Tropical Plant Pests and Diseases	Scopus	Article	Acceso abierto
57	Isaac G.S.; El-Deriny M.M.; Taha R.G.	2024	Efficacy of Purpureocillium lilacinum AUMC 10149 as biocontrol agent against ro	Brazilian Journal of Biology	Scopus	Article	Acceso abierto
58	Gortari M.C.; Hours R.A.	2019	In vitro antagonistic activity of Argentinean isolates of Purpureocillium lilacinum on	Current Research in Environmental and Applied Mycol	Scopus	Article	Acceso abierto
59	Li X.; Liang L.-M.; Hua Z.-B.; Zhou X.-K.; Huang	2024	Eco-friendly management of Meloidogyne incognita in cadmium-contaminated soil	Environmental Research	Scopus	Article	
63	Paul Dahlin, Reinhard Eder, Erika Consoli ; Jur	2019	Integrated control of Meloidogyne incognita in tomatoes using fluopyram and Purp	Crop Protection	Science Direct	Article	Acceso abierto
64	Amir Khan, Mohammad Haris, Touseef Hussain	2023	Counter-attack of biocontrol agents: Environmentally benign Approaches against	Heliyon	Science Direct	Revision	Acceso abierto
65	Angélica de Souza Gouveia, Thalita Suelen Ave	2023	Inoculation of Pochonia chlamydosporia triggers a defense response in tomato ro	Microbiological Research	Science Direct	Article	Acceso abierto
66	Nayane Oliveira Almeida, Camilla Martins de Ol	2022	Trichoderma harzianum and Trichoderma asperellum are potential biocontrol ager	Biological Control	Science Direct	Article	Acceso abierto
68	Ahmed M. Eldeeb , Ahmed A. Gh. Farag , Muh	2022	Controlling of Meloidogyne incognita (Tylenchida: Heteroderidae) using nematicide	Saudi Journal of Biological Sciences	Science Direct	Article	Acceso abierto
69	Hanuman Prasad Saini, Mukesh Meena, Abhis	2025	A review on fungal endophytes of the family Fabaceae, their metabolic diversity a	Heliyon	Science Direct	Revision	Acceso abierto
70	Peterson S.O. Nunes, Gileno V. Lacerda-Junior	2024	Microbial consortia of biological products: Do they have a future?	Biological Control	Science Direct	Revision	Acceso abierto
71	Enrique Quesada-Moraga, Inmaculada Garrido	2023	Ecosystem services of entomopathogenic ascomycetes	Journal of Invertebrate Pathology	Science Direct	Revision	Acceso abierto
72	McMaster Vambe, Roger M. Coopposamy, Geol	2023	Potential role of vermicompost and its extracts in alleviating climatic impacts on cr	Journal of Agriculture and Food Research	Science Direct	Article	
73	Jorge Poveda, Paula Baptista	2021	Filamentous fungi as biocontrol agents in olive (Olea europaea L.) diseases: Myco	Crop Protection	Science Direct	Revision	Acceso abierto
74	Rida Chaudhary, Ali Nawaz , Zermira Khattak	2024	Microbial bio-control agents: A comprehensive analysis on sustainable pest mana	Journal of Agriculture and Food Research	Science Direct	Revision	Acceso abierto

Tabla A.3 Sin duplicados (continuación)

75	Soibam Ngasotter , K.A Martin Xavier , Maibam	2023	Crustacean shell waste derived chitin and chitin nanomaterials for application in a	Carbohydrate Polymer Technologies and Applications	Science Direct	Article	Acceso abierto
76	Kannan Swathy, Perumal Vivekanandhan, Anai	2024	Biodegradation of pesticide in agricultural soil employing entomopathogenic fungi	Heliyon	Science Direct	Revision	Acceso abierto
77	Hang LIU, Feng-juan PAN , Xiao-zeng HAN , F	2020	A comprehensive analysis of the response of the fungal community structure to lo	Journal of Integrative Agriculture	Science Direct	Article	Acceso abierto
78	Fanny Smagghe , Robert Spooner-Hart , Zhong	2023	Biological control of arthropod pests in protected cropping by employing entomopa	Biological Control	Science Direct	Revision	Acceso abierto

Tabla A.4 Selección de criterios de exclusión

ITEM	AUTOR	AÑO	TÍTULO DE ARTICULO	FUENTE	BASE DE DATOS	TIPO DOC	Acceso
1	Nekoval, SN; Chernyakovich, MN; Churikova, A	2024	Efficiency of the fungi isolated from the tomato rhizosphere to control the north ro	EGYPTIAN JOURNAL OF BIOLOGICAL PEST CONT	Web of Science	Article	Acceso abierto
2	Liu, JB; Sun, JZ; Qiu, JY; Liu, XZ; Xiang, MC	2014	Integrated management of root-knot nematodes on tomato in glasshouse product	NEMATOTOLOGY	Web of Science	Article	
3	López-Lima, D; Alarcón-Utrera, D; Ordáz-Melén	2023	Metarhizium carneum Formulations: A Promising New Biological Control to Be Inc	PLANTS-BASEL	Web of Science	Article	Acceso abierto
4	Niño-Arteaga, DM; Macías-López, BC; Olivas-G	2023	Biocontrol of the root-knot nematode Meloidogyne incognita with Purpureocillium lil	NOTULAE BOTANICAE HORTI AGROBOTANICI CLU	Web of Science	Article	Acceso abierto
5	Cunha, DF; Pinto, TJB; Correia, VR; Miranda, A	2025	Comparative performance of biological formulations for the management of Meloi	CROP PROTECTION	Web of Science	Article	
6	Karabörklü, S; Aydinli, V; Dura, O	2022	The potential of Beauveria bassiana and Metarhizium anisopliae in controlling the	JOURNAL OF ASIA-PACIFIC ENTOMOLOGY	Web of Science	Article	
7	Mwangi, MW; Muiru, WM; Narla, RD; Kimerju, J	2019	Management of Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici and root-knot nematode di	BIOCONTROL SCIENCE AND TECHNOLOGY	Web of Science	Article	
8	Kepenekci, I; Hazir, S; Oksal, E; Lewis, EE	2018	Application methods of Steinernema feltiae, Xenorhabdus bovienii and Purpureo	CROP PROTECTION	Web of Science	Article	
10	Silva, SD; Carneiro, RMDG; Faria, M; Souza, D	2017	Evaluation of Pochonia chlamydosporia and Purpureocillium lilacinum for Suppres	JOURNAL OF NEMATOTOLOGY	Web of Science	Article	
11	Dahlin, P; Eder, R; Consoli, E; Krauss, J; Kiewn	2019	Integrated control of Meloidogyne incognita in tomatoes using fluopyram and Purp	CROP PROTECTION	Web of Science	Article	Acceso abierto
12	Tazi, H; Hamza, MA; Hallouti, A; Benjlil, H; Idhm	2021	Biocontrol potential of nematophagous fungi against Meloidogyne spp. infecting to	ORGANIC AGRICULTURE	Web of Science	Article	
13	Giné, A; Sorribas, FJ	2017	Effect of plant resistance and BioAct WG (Purpureocillium lilacinum strain 251) on	PEST MANAGEMENT SCIENCE	Web of Science	Article	Acceso abierto
14	Khalid, H; Aminuzzaman, FM; Amit, K; Faria, AF	2021	Evaluation of the combined application of Purpureocillium lilacinum PLSAU-1 and	EUROPEAN JOURNAL OF PLANT PATHOLOGY	Web of Science	Article	
15	Singh, S; Pandey, RK; Goswami, BK	2013	Bio-control activity of Purpureocillium lilacinum strains in managing root-knot disea	BIOCONTROL SCIENCE AND TECHNOLOGY	Web of Science	Article	
16	Rigobelo, EC; Nicodemo, D; Babalola, OO; Des	2024	Purpureocillium lilacinum as an Agent of Nematode Control and Plant Growth-Pro	AGRONOMY-BASEL	Web of Science	Review	Acceso abierto
17	Munawar, M; Khan, SA; Javed, N; Haq, IU; Gon	2015	Bio-management of tomato wilt complex caused by Meloidogyne incognita and Fu	NEMATOTOLOGY	Web of Science	Article	
18	Nie, HZ; Lv, BN; Sun, MH; Zhong, ZM; Li, SD	2023	Pre-treatment with Dazomet enhances the biocontrol efficacy of purpureocillium lil	BMC MICROBIOLOGY	Web of Science	Article	Acceso abierto
19	Liang, YJ; Ariyawansa, HA; Becker, JO; Yang, J	2020	The Evaluation of Egg-Parasitic Fungi Paraboeremia taiwanensis and Samsoniell	MICROORGANISMS	Web of Science	Article	Acceso abierto
20	El-Ashry, RM; Ali, MAS; Elsobki, AEA; Aioub, AA	2021	Integrated management of Meloidogyne incognita on tomato using combinations	EGYPTIAN JOURNAL OF BIOLOGICAL PEST CONT	Web of Science	Article	Acceso abierto
21	Girardi, NS; Sosa, AL; García, JL; Folis, F; Pass	2024	Physiological acclimatization in a medium amended with colloidal chitin improves	RHIZOSPHERE	Web of Science	Article	
22	Sharma, A; Sharma, S; Sabir, N; El-Sheikh, MA	2021	Impact assessment of Karanja deoiled cake and sundried biogas slurry as a mixe	JOURNAL OF KING SAUD UNIVERSITY SCIENCE	Web of Science	Article	Acceso abierto
24	Kusakabe, A; Molnár, I; Stock, SP	2023	Photorhabdus-Derived Secondary Metabolites Reduce Root Infection by Meloidog	PLANT DISEASE	Web of Science	Article	
25	Ali, AA; Mahgoub, SA; Ahmed, AF; Mosa, WFA	2024	Utilizing endophytic plant growth-promoting bacteria and the nematophagous fung	EUROPEAN JOURNAL OF PLANT PATHOLOGY	Web of Science	Article	Acceso abierto
26	Nagachandrabose, S; Baidoo, R	2022	Humic acid - a potential bioresource for nematode control	NEMATOTOLOGY	Web of Science	Review	
27	Pontes, KB; Machado, ACZ; Nogueira, AF; Fagi	2024	Efficacy of microbiological nematocides in controlling root-knot nematodes in toma	FRONTIERS IN AGRONOMY	Web of Science	Article	Acceso abierto
28	Sosa, AL; Girardi, NS; Rosso, LC; Etcheverry, M	2022	In vitro compatibility of Brassicaceae extracts with nematophagous fungi and their	WORLD JOURNAL OF MICROBIOLOGY & BIOTECH	Web of Science	Article	
29	Lan, XJ; Zhang, J; Zong, ZF; Ma, Q; Wang, Y	2017	Evaluation of the Biocontrol Potential of Purpureocillium lilacinum QLP12 against	BIOMED RESEARCH INTERNATIONAL	Web of Science	Article	Acceso abierto
30	Moreno-Salazar, R; Sánchez-García, I; Chan-C	2020	Plant growth, foliar nutritional content and fruit yield of Capsicum chinense biofert	SCIENTIA HORTICULTURAE	Web of Science	Article	
32	Sedhupathi K., Kennedy Z.J., Shanthi A.	2022	Interaction of Arbuscular Fungus (Rhizophagus irregularis), Bacillus subtilis and P	Indian Journal of Nematology	Scopus	Article	
33	Das N., Waqar T.	2021	Bio-Efficacy of Purpureocillium lilacinum on Management of Root-Knot Nematode	Indian Journal of Nematology	Scopus	Article	
37	Swibawa I. G.; Fitriana Y.; Solikhin; Suharjo R.; S	2020	Morpho-molecular identification and pathogenicity test on fungal parasites of guay	Biodiversitas	Scopus	Article	Acceso abierto
39	Aminuzzaman F.M.; Jahan S.N.; Shammi J.; Mit	2018	Isolation and screening of fungi associated with eggs and females of root-knot nei	Archives of Phytopathology and Plant Protection	Scopus	Article	
48	Seenivasan N.; Logaraj S.; Sathya M.P.; Raja K	2024	Designing of nematode egg parasitic fungus, Purpureocillium lilacinum, nanoemul	Nematology	Scopus	Article	
53	Moosavi M.R.; Ghani M.	2019	The optimal concentrations of Purpureocillium lilacinum and jasmonic acid in conti	Archives of Phytopathology and Plant Protection	Scopus	Article	
55	Sosa A.L.; Girardi N.S.; Rosso L.C.; Salusso F.	2025	Integrated application of biological and biorational strategies for effective control o	Journal of Pest Science	Scopus	Article	
56	Swibawa I. G.; Fitriana Y.; Solikhin; Fiandani A.	2024	Effectiveness of bionematicide from Purpureocillium lilacinum in controlling root-ki	Journal of Tropical Plant Pests and Diseases	Scopus	Article	Acceso abierto
57	Isaac G.S.; El-Deiriny M.M.; Taha R.G.	2024	Efficacy of Purpureocillium lilacinum AUMC 10149 as biocontrol agent against ro	Brazilian Journal of Biology	Scopus	Article	Acceso abierto
58	Gortari M.C.; Hours R.A.	2019	In vitro antagonistic activity of Argentinean isolates of Purpureocillium lilacinum on	Current Research in Environmental and Applied Mycol	Scopus	Article	Acceso abierto
59	Li X.; Liang L.-M.; Hua Z.-B.; Zhou X.-K.; Huang	2024	Eco-friendly management of Meloidogyne incognita in cadmium-contaminated soi	Environmental Research	Scopus	Article	
63	Paul Dahlin, Reinhard Eder, Erika Consoli, J	2019	Integrated control of Meloidogyne incognita in tomatoes using fluopyram and Purp	Crop Protection	Science Direct	Article	Acceso abierto
64	Amir Khan, Mohammad Haris, Touseef Hussain	2023	Counter-attack of biocontrol agents: Environmentally benign Approaches against	Heliyon	Science Direct	Revision	Acceso abierto
65	Angélica de Souza Gouveia, Thalita Suelen Ave	2023	Inoculation of Pochonia chlamydosporia triggers a defense response in tomato ro	Microbiological Research	Science Direct	Article	Acceso abierto
66	Nayane Oliveira Almeida, Camilla Martins de Ol	2022	Trichoderma harzianum and Trichoderma asperellum are potential biocontrol age	Biological Control	Science Direct	Article	Acceso abierto
68	Ahmed M. Eldeeb, Ahmed A. Gh. Farag, Muh	2022	Controlling of Meloidogyne incognita (Tylenchida: Heteroderidae) using nematicide	Saudi Journal of Biological Sciences	Science Direct	Article	Acceso abierto
69	Hanuman Prasad Saini, Mukesh Meena, Abhis	2025	A review on fungal endophytes of the family Fabaceae, their metabolic diversity a	Heliyon	Science Direct	Revision	Acceso abierto
70	Peterson S.O. Nunes, Gileno V. Lacerda-Junior	2024	Microbial consortia of biological products: Do they have a future?	Biological Control	Science Direct	Revision	Acceso abierto
71	Enrique Quesada-Moraga, Inmaculada Garrido	2023	Ecosystem services of entomopathogenic ascomycetes	Journal of Invertebrate Pathology	Science Direct	Revision	Acceso abierto
72	McMaster Vambe, Roger M. Coopoomsamy, Geol	2023	Potential role of vermicompost and its extracts in alleviating climatic impacts on cr	Journal of Agriculture and Food Research	Science Direct	Article	Acceso abierto
73	Jorge Poveda, Paula Baptista	2021	Filamentous fungi as biocontrol agents in olive (Olea europaea L.) diseases: Myco	Crop Protection	Science Direct	Revision	Acceso abierto
74	Rida Chaudhary, Ali Nawaz, Zermira Khattak	2024	Microbial bio-control agents: A comprehensive analysis on sustainable pest mana	Journal of Agriculture and Food Research	Science Direct	Revision	Acceso abierto

Tabla A.4 Selección de criterios de exclusión (continuación)

75	Soibam Ngasotter, K.A Martin Xavier, Maibam	2023	Crustacean shell waste derived chitin and chitin nanomaterials for application in a	Carbohydrate Polymer Technologies and Applications	Science Direct	Revision	Acceso abierto
76	Kannan Swathy, Perumal Vivekanandhan, Anai	2024	Biodegradation of pesticide in agricultural soil employing entomopathogenic fungi	Heliyon	Science Direct	Revision	Acceso abierto
77	Hang LIU, Feng-juan PAN, Xiao-zeng HAN, F	2020	A comprehensive analysis of the response of the fungal community structure to lo	Journal of Integrative Agriculture	Science Direct	Article	Acceso abierto
78	Fanny Smaghe, Robert Spooner-Hart, Zhong	2023	Biological control of arthropod pests in protected cropping by employing entomopa	Biological Control	Science Direct	Revision	Acceso abierto

Tabla A5. Cribado de estudios

ITEM	AUTOR	AÑO	TÍTULO DE ARTÍCULO	FUENTE	BASE DE DATOS	TIPO DOCUMENTO	Acceso	Abstract
1	Nekoval, SN; Chernyakovich, MN; Churikova, AK; Maskalenko, OA; Muravyov, VS	2024	Efficiency of the fungi isolated from the tomato rhizosphere to control the north root-knot nematode <i>Meloidogyne hapla</i> Chitwood 1949	EGYPTIAN JOURNAL OF BIOLOGICAL PEST CONTROL	Web of Science	Article	Acceso abierto	BackgroundIn the South of Russia, due to the large acreage of tomato crops (<i>Solanum lycopersicum</i> Mill.), there is an acute problem of plant protection against the obligate endoparasitic of the root system <i>Meloidogyne hapla</i> Chitwood 1949. The aim of this study was to assess the nematocidal activity of fungal strains isolated from the rhizosphere of tomato plants infected with root-knot nematodes (RKN) (<i>Meloidogyne</i> spp.). ResultsAfter conducting route surveys, 10 soil samples were selected from the rhizosphere of tomato plants affected by RKN. Fifteen isolates of fungi belonging to different species were isolated from the soil samples. The species composition of the isolated fungal strains was determined: <i>Metarhizium anisopliae</i> IG01, <i>Penicillium citrinum</i> IG02, <i>Trichoderma harzianum</i> IG03, <i>Aspergillus niger</i> IG04, <i>Trichoderma ghanense</i> IG05, <i>Trichoderma harzianum</i> IG06, <i>Trichoderma atroviride</i> IG07, <i>Aspergillus awamori</i> IG08, <i>Trichoderma atroviride</i> IG09, <i>Paramyrothecium roridum</i> IG10, <i>Trichoderma atroviride</i> IG11, <i>Trichoderma hamatum</i> IG12, <i>Beauveria bassiana</i> IG13, <i>Aspergillus ochraceus</i> IG14, <i>Purpureocillium lilacinum</i> IG15. After initial screening in the laboratory, strains with the greatest nematocidal activity and safe for humans were selected: <i>M. anisopliae</i> & Icy; & Gcy; 01, <i>T. harzianum</i> IG03, <i>T. ghanense</i> IG05, <i>T. atroviride</i> IG07, <i>T. atroviride</i> IG09. The mortality rate of RKN when using these fungal strains varied from 79.4 +/- 1.8 to 93.9 +/- 3.1%. In the greenhouse, the fungal strains <i>M. anisopliae</i> IG01, <i>T. harzianum</i> IG03, <i>T. ghanense</i> IG05, <i>T. atroviride</i> IG07, <i>T. atroviride</i> IG09 showed high results in reducing the number of galls on the roots of tomato plants, and their biological efficacy was 71.4-83.0%. ConclusionWork on the study of the nematocidal activity of fungi, in vitro and in vivo, allows us to conclude that strains isolated from the rhizosphere of plants can be effective in combating the north RKN (<i>M. hapla</i>). In the future, it is planned to establish the compatibility of <i>M. anisopliae</i> IG01, <i>T. harzianum</i> IG03, <i>T. ghanense</i> IG05, <i>T. atroviride</i> IG07, <i>T. atroviride</i> IG09 with each other and selecting the ratios of the studied strains to obtain mixtures to create an effective biological nematocide.
3	López-Lima, D; Alarcón-Utrera, D; Ordáz-Meléndez, JA; Villain, L; Carrión, G	2023	<i>Metarhizium carneum</i> Formulations: A Promising New Biological Control to Be Incorporated in the Integrated Management of <i>Meloidogyne enterolobii</i> on Tomato Plants	PLANTS-BASEL	Web of Science	Article	Acceso abierto	The increase in the populations of root-knot nematode <i>Meloidogyne enterolobii</i> in various vegetables such as tomatoes grown under greenhouse conditions as well as increasing restrictions on the use of certain chemical nematocides have led to the search for new, effective management strategies, preferably ones that are sustainable biological alternatives. In this work, two formulations of the nematophagous fungus <i>Metarhizium carneum</i> , one concentrated suspension and one wettable powder, were evaluated under greenhouse conditions to reduce the <i>M. enterolobii</i> infestation in tomato plants. In addition, the effectiveness of the liquid formulation of <i>M. carneum</i> was compared with two biological and three chemical commercial nematocides. The results show that the two <i>M. carneum</i> formulations reduced the <i>M. enterolobii</i> population density by 78 and 66% in relation to the control treatment. In comparison, the liquid formulation of <i>M. carneum</i> and <i>Purpureocillium lilacinum</i> treatments reduced nematode population density by 72 and 43%, respectively, while for metam sodium preplanting applications followed by <i>M. carneum</i> applications during the tomato growth stage, the reduction was 96%. The alternate use of some chemical compounds plus the application of <i>M. carneum</i> as a biocontrol is a good starting strategy for managing <i>M. enterolobii</i> populations. These results confirm that <i>M. carneum</i> is a serious candidate for the short-term commercialization of an environmentally friendly biological nematocide.
4	Niño-Arteaga, DM; Macías-López, BC; Olvas-García, JM; Alonso-Gómez, MA; Sánchez, E; Muñoz-Márquez, E	2023	Biocontrol of the root-knot nematode <i>Meloidogyne incognita</i> with <i>Purpureocillium lilacinum</i> and liquid bio-formulates in tomato (<i>Solanum lycopersicum</i>)	NOTULAE BOTANICAE HORTI AGROBOTANICI CLUJ-NAPOCA	Web of Science	Article	Acceso abierto	Root-knot nematodes (<i>Meloidogyne</i> spp.) cause great losses in tomato crops. An environmentally friendly for its control is the use of predatory fungi such as <i>Purpureocillium lilacinum</i> , which reduces its population in the soil and mitigates yield losses. Therefore, the objective of the present study was to evaluate the biocontrol efficacy of the strains of the nematophagous fungus <i>Purpureocillium lilacinum</i> and liquid bioformulates on the eggs of the root-knot nematode <i>Meloidogyne incognita</i> , and the formation of galls on the tomato root. Two native strains of <i>Purpureocillium lilacinum</i> H2 and H3 combined with the bioformulated Extract of Beneficial Microorganisms (EPMB (R)) and the root exudate stimulator Exu-Root (R) were tested on <i>Meloidogyne incognita</i> eggs and tomato plants. The results obtained indicate that the <i>Purpureocillium lilacinum</i> H2 and H3 strains infected the <i>Meloidogyne incognita</i> eggs, interrupted the development of the embryos and caused their death, which significantly reduced the presence of galls in the root of the plants. In short, the maximum biological performance was presented with the treatments H2+Exu-Root (R) and H3+EPMB (R), which had the lowest number of galls with 19.2 and 20.3 galls per plant respectively, compared to the control that presented 88 galls in the root and the treatments where the fungus was not applied (69-85 galls). Finally, it is concluded that the results demonstrate the potential of the <i>Purpureocillium lilacinum</i> H2 and H3 strains as biocontrol agents against the root-knot nematode <i>Meloidogyne incognita</i> , and that, in combination with EPMB (R) and Exu-Root (R), the efficacy can be increased to reduce its population.
11	Dahlin, P; Eder, R; Consoli, E; Krauss, J; Kiewnick, S	2019	Integrated control of <i>Meloidogyne incognita</i> in tomatoes using fluopyram and <i>Purpureocillium lilacinum</i> strain 251	CROP PROTECTION	Web of Science	Article	Acceso abierto	The plant parasitic root-knot nematodes <i>Meloidogyne</i> spp. are a devastating threat to agriculture. The urgent need to search for alternative root-knot nematode control methods that are less environmentally toxic is a demanding challenge to secure the increasing global food demand. Therefore, we combined chemical and biological control strategies to evaluate their management potential on <i>Meloidogyne incognita</i> infested tomatoes. To determine the combined effect of the nematocides Velum and <i>Purpureocillium lilacinum</i> strain 251 formulated as wettable granulate (BioAct WG), we evaluated tomato yield parameters, gall index, soil and root nematode populations. Velum is a chemical nematocide with fluopyram as its active ingredient and BioAct is a biological nematocide based on the egg pathogenic fungus <i>Purpureocillium lilacinum</i> (strain 251). As a single treatment, the nematocide Velum showed better <i>M. incognita</i> reduction at-planting, while BioAct controlled the nematode population throughout the growing season. Greenhouse experiments in two consecutive years, showed that by combining the two nematocides, the <i>M. incognita</i> controlling effect was enhanced and the tomato yield increased compared to single nematocide treatments. The controlling effect of <i>P. lilacinum</i> was lower when <i>M. incognita</i> population increased, presumably based on its limiting ability to parasitize the increasing numbers of nematode eggs. To conclude, we have shown that combining chemical and biological nematocides can successfully control the rootknot nematode <i>M. incognita</i> and increase yields. Velum downregulated the nematode population at-planting and reinforced the biological efficacy of <i>P. lilacinum</i> throughout the growing season.

Tabla A5. Cribado de estudios (continuación)

13	Giné, A; Sorribas, FJ	2017	Effect of plant resistance and BioAct WG (Purpureocillium lilacinum strain 251) on <i>Meloidogyne incognita</i> in a tomato-cucumber rotation in a greenhouse	PEST MANAGEMENT SCIENCE	Web of Science	Article	Acceso abierto	BACKGROUND: The effectiveness of combining resistant tomato with BioAct WG (Purpureocillium lilacinum strain 251, PI251) against <i>Meloidogyne incognita</i> was assessed in a tomato-cucumber rotation in a greenhouse over 2 years. Additionally, the enzymatic activity of the fungus, the percentage of fungal egg and juvenile parasitism, cardinal temperatures and the effect of water potential on mycelial growth and the soil receptivity to PI251 were determined in vitro. RESULTS: Plant resistance was the only factor that suppressed nematode and crop yield losses. Percentage of egg parasitism in plots treated with BioAct WG was less than 2.6%. However, under in vitro conditions, PI251 showed protease, lipase and chitinase activities and parasitised 94.5% of eggs, but no juveniles. Cardinal temperatures were 14.2, 24-26 and 35.4 degrees C. The maximum PI251 mycelial growth was at -0.25 MPa and 25 degrees C. Soil temperatures and water potential in the greenhouse were in the range of the fungus. However, soil receptivity was lower in greenhouse soil, irrespective of sterilisation, than in sterilised sand. CONCLUSION: Plant resistance was the only factor able to suppress nematode densities, disease severity and yield losses, and to protect the following cucumber crop. Environmental factors involved in soil receptivity could have negatively affected fungus effectiveness. (C) 2016 Society of Chemical Industry
18	Nie, HZ; Lv, BN; Sun, MH; Zhong, ZM; Li, SD	2023	Pre-treatment with Dazomet enhances the biocontrol efficacy of <i>Purpureocillium lilacinum</i> to <i>Meloidogyne incognita</i>	BMC MICROBIOLOGY	Web of Science	Article	Acceso abierto	Background <i>Meloidogyne incognita</i> greatly restricts the production of protected vegetables in China. Application of biocontrol agent <i>Purpureocillium lilacinum</i> is an important practice to control the nematode; however, instability usually occurs especially in heavily infested field. This study aimed to illustrate the high efficiency of <i>P. lilacinum</i> agent with fumigant Dazomet in vitro. Results <i>P. lilacinum</i> YES-2-14 showed strong parasitic and nematicidal activities to <i>M. incognita</i>. Pre-treatment with Dazomet significantly enhanced the biocontrol effects of the fungus. After fumigation with Dazomet at a dosage of 7.5 mg kg⁻¹ soil, parasitism of YES-2-14 on <i>M. incognita</i> eggs increased by more than 50%. Meanwhile, when <i>P. lilacinum</i> fermentation filtrate treated following Dazomet fumigation at 10 and 20 mg kg⁻¹ soil, the mortalities of second-stage juveniles (J2)s increased by 110.2% and 72.7%, respectively. Both Dazomet and <i>P. lilacinum</i> significantly reduced the penetration ability of J2s to tomato roots. When <i>P. lilacinum</i> filtrate used alone, the J2s penetrating into the young roots decreased by 48.8% at 4 dpi; while in the combined treatment, almost no J2 was detected within the roots at 4 dpi and the number of knots reduced by more than 99% at 45 dpi, indicating a synergistic effect of the biocontrol fungus and fumigant. Conclusions Pre-treatment with Dazomet greatly increased the biocontrol efficacy of <i>P. lilacinum</i> to <i>M. incognita</i>. This research provides insight into the efficient management of plant parasitic nematodes and effective use of biocontrol agents.
19	Liang, YJ; Ariyawansa, HA; Becker, JO; Yang, JI	2020	The Evaluation of Egg-Parasitic Fungi <i>Parabroteremia taiwanensis</i> and <i>Samsoniella</i> sp. for the Biological Control of <i>Meloidogyne enterolobii</i> on Chinese Cabbage	MICROORGANISMS	Web of Science	Article	Acceso abierto	<i>Meloidogyne enterolobii</i>, an aggressive plant-parasitic nematode, has been causing great yield loss worldwide in recent years. With no resistant Chinese cabbage cultivar available currently, a biological control strategy is needed to offer an eco-friendly option for sustainable farming. In this study, the nematode suppression efficacy of two newly isolated fungi, <i>Parabroteremia taiwanensis</i> and <i>Samsoniella</i> sp., were evaluated against <i>M. enterolobii</i> and compared to the known biological control agents <i>Hyalorhiza oviparasitica</i> strain DoUCR50 and <i>Purpureocillium lilacinum</i> strain 251 (PL251). Both <i>P. taiwanensis</i> and <i>Samsoniella</i> sp. reduced 29-63% disease severity as effectively as the commercial product PL251 on Chinese cabbage in greenhouse trials. The in vitro egg infection rate was 47.83% by <i>P. taiwanensis</i> and 47.50% for <i>Samsoniella</i> sp., respectively. A special protocol for scanning electron microscope observation of the fungi-infected nematodes was established in this study, and the egg parasitism of the four fungi against <i>M. enterolobii</i> was further confirmed. For all fungi examined in this study, fungal hyphae were seen apparently penetrating into <i>M. enterolobii</i> eggs without destructive damage of the overall outer eggshell and the hyphae continued to grow within eggs after 6 days of infection. The results of this study imply a similar egg-parasitism mechanism for <i>P. taiwanensis</i>, <i>Samsoniella</i> sp., <i>H. oviparasitica</i> DoUCR50, and <i>P. lilacinum</i> PL251. It further enlightens the application potential of nematophagous fungi as biocontrol agents against plant-parasitic nematodes in vegetable crop management.
20	El-Ashry, RM; Ali, MAS; Elsobki, AEA; Aioub, AAA	2021	Integrated management of <i>Meloidogyne incognita</i> on tomato using combinations of abamectin, <i>Purpureocillium lilacinum</i> , rhizobacteria, and botanicals compared with nematicide	EGYPTIAN JOURNAL OF BIOLOGICAL PEST CONTROL	Web of Science	Article	Acceso abierto	Background Acceptable alternative eco-friendly tools in the present study were tested to control the root-knot nematode, <i>Meloidogyne incognita</i>, on greenhouse-cultivated vegetables. The nematicidal effect of rhizobacteria (<i>Pseudomonas</i> and <i>Serratia</i>), egg parasitic fungus (<i>Purpureocillium lilacinum</i>), abamectin (<i>Streptomyces avermitilis</i>), and 3 botanicals (<i>colocynthis</i>, <i>Citrullus colocynthis</i>; moringa, <i>Moringa oleifera</i>; marigold, <i>Tagetes erecta</i> L.) singly or in combination was tested against <i>M. incognita</i>, in comparison with emamectin benzoate. Results In vitro treatments revealed that egg hatching and juvenile mortality were influenced by the type of bioagents, plant species of botanicals, and exposure time. All the tested bioagents and botanicals displayed nematicidal potential via their ovicidal and larvicidal action on egg hatching and J2 mortality of <i>M. incognita</i>. Three and 5 days post-treatment, abamectin and emamectin benzoate were more effective than <i>P. lilacinum</i>, <i>Serratia</i> and <i>Pseudomonas</i>, and <i>C. colocynthis</i> in inhibiting egg hatching: 96.31 and 94.88%; 95.79 and 94.05%; 94.11 and 94.46%; 85.54 and 87.28%; 88.87 and 84.30%, respectively. On the other hand, after 10 days, <i>P. lilacinum</i> gave the highest inhibition percentage (99.00%), followed by abamectin (89.25%). However, the difference was insignificant compared with the inhibition percentage of rhizobacteria, <i>Serratia</i> and <i>Pseudomonas</i> (88.69%; $p < 0.05$). Moreover, juvenile mortality was 100.0, 96.80, and 91.60% after 10 days of treatment, respectively. However, botanicals showed a lower effect on egg hatching and juvenile mortality. Under greenhouse conditions, potential antagonism towards <i>M. incognita</i> by application the mixture of biocontrol agents and botanicals was more effective in controlling <i>M. incognita</i> than single treatments. Conclusions The combination of abamectin and/or emamectin benzoate with <i>P. lilacinum</i> and rhizobacteria was the most effective against <i>M. incognita</i>, followed by rhizobacteria and <i>P. lilacinum</i>, not only in decreasing galls and reproduction of <i>M. incognita</i> but also in increasing plant growth of tomato parameters than the control. The application of various bioagents including abamectin might be a potential antagonism strategy against phytonematodes in protected agricultural areas.

Tabla A5. Cribado de estudios (continuación)

23	Sharma, A; Sharma, S; Sabir, N; El-Sheikh, MA; Alyemeni, M	2021	Impact assessment of Karanja deoiled cake and sundried biogas slurry as a mixed substrate on the nematocidal potential of <i>Purpureocillium lilacinum</i>	JOURNAL OF KING SAUD UNIVERSITY SCIENCE	Web of Science	Article	Acceso abierto	The present study explored the feasibility of waste biomass viz., Karanja (<i>Pongamia pinnata</i>) deoiled cake (KDC), and sundried biogas slurry (BGS) as a mixed substrate to develop <i>Purpureocillium lilacinum</i> 6029 based fungal formulation against plant-parasitic nematode, <i>Meloidogyne incognita</i> . The fungus cultured on KDC-BGS in a 60/40 ratio showed maximum egg mass inhibition (96.8%) and protease activity (376.65 U/g) along with superior colonization ability (100% colonization of egg mass on the third day). Incidentally, <i>P. lilacinum</i> spores obtained from the traditional substrate (wheat) inhibited only 68.72% egg mass hatching with a comparatively poor colonization rate constraining the linkage between the nature of substrate and virulence of the fungus. Bioefficacy studies on tomato plants in the greenhouse revealed that the formulation with KDC-BGS as a substrate was 1.19 times more effective than the wheat-based formulation in controlling nematodes. Enhanced physical-biochemical parameters of tomato plants treated with the bioformulation further substantiated KDC-BGS as a reliable and economical substrate for <i>P. lilacinum</i> . ? 2021 The Authors. Published by Elsevier B.V. on behalf of King Saud University. This is an open access article under the CC BY license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).
25	Ali, AAI; Mahgoub, SA; Ahmed, AF; Mosa, WFA; El-Saadony, MT; Mohamed, MDA; Alomran, MM; Al-Gheffari, HK; El-Tarabily, KA; Abuqamar, SF; El-Ashry, RM	2024	Utilizing endophytic plant growth-promoting bacteria and the nematophagous fungus <i>Purpureocillium lilacinum</i> as biocontrol agents against the root-knot nematode (<i>Meloidogyne incognita</i>) on tomato plants	EUROPEAN JOURNAL OF PLANT PATHOLOGY	Web of Science	Article	Acceso abierto	The present investigation was designed to assess how administering biocontrol agents (BCAs) made from the nematophagous endophytic fungus MR20 (<i>Purpureocillium lilacinum</i>) or a mixture of endophytic plant growth-promoting bacteria MR12 (<i>Pseudomonas fluorescens</i>), and MR25 (<i>Serratia marcescens</i>), could enhance tomato growth and resistance to <i>Meloidogyne incognita</i> under in vivo conditions. The three strains' cell-free culture filtrates showed a strong nematocidal impact ($P < 0.05$) on <i>M. incognita</i> infective second-stage juveniles (J2s). The highest mortality rates by the three BCAs were at concentrations of 80%, followed by 60%, 40%, and 20%. The in vitro hatching of free eggs was found to be considerably ($P < 0.05$) reduced as the concentrations of the endophytic bacteria MR12, and MR25 were increased in the order $1 \times 10(5)$, $1 \times 10(6)$, $1 \times 10(7)$, $0.5 \times 10(8)$, to $1 \times 10(8)$ colony forming units (CFU)/mL, and the maximum nematocidal activity in killing <i>M. incognita</i> free eggs occurred at $1 \times 10(8)$ CFU/mL. A statistically significant ($P < 0.05$) reduction in the percentage of <i>M. incognita</i> -free eggs retrieved was seen in vitro when various concentrations of the endophytic fungus MR20 were applied compared to the negative control (distilled water). The endophytic fungus MR20 had the highest nematocidal activity against <i>M. incognita</i> free eggs at a concentration of $3 \times 10(6)$ CFU/mL. The application of <i>P. lilacinum</i> or a combination of <i>P. fluorescens</i> and <i>S. marcescens</i> to tomato plants in the presence of <i>M. incognita</i> under greenhouse conditions resulted in a significant increase ($P < 0.05$) in root and shoot fresh weight, number of leaves, weight of leaves, and stem diameter when compared to the positive control treatment that contained only <i>M. incognita</i> . Treatment with <i>P. lilacinum</i> was more effective ($P < 0.05$) than <i>P. fluorescens</i> and <i>S. marcescens</i> in reducing egg masses per root, J2s per 100 g of soil, egg masses per 100 g of soil, J2s + eggs of <i>M. incognita</i> per 100 g of soil, reproduction factor, and reduction percentage after 60 days under greenhouse conditions. Nevertheless, the reduction of <i>M. incognita</i> gall size categorization (> 4 mm, 2-4 mm, and < 2 mm) was more effectively achieved by treatment with <i>P. fluorescens</i> and <i>S. marcescens</i> than by treatment with <i>P. lilacinum</i> . Under in vivo conditions, the tested <i>P. lilacinum</i> or a mixture of <i>P. fluorescens</i> and <i>S. marcescens</i> effectively controlled nematode population densities below the economic threshold.
27	Pontes, KB; Machado, ACZ; Nogueira, AF; Fagundes, DFV; de Lima, RB; Mosela, M; Mian, S; Santiago, DC; Gonçalves, LSA	2024	Efficacy of microbiological nematocides in controlling root-knot nematodes in tomato	FRONTIERS IN AGRONOMY	Web of Science	Article	Acceso abierto	Root-knot nematodes (RKNs) are considered a limiting factor for tomato production, causing substantial economic losses. Several control measures have been used to control RKNs in infested areas, such as crop rotation or succession with non-host species, using resistant cultivars, and applying chemical and biological nematocides. Here, we examined the control effect of six microbiological products (Ag109 - <i>Bacillus velezensis</i> , Votivo Prime - <i>B. firmus</i> , Quartzo - <i>B. subtilis</i> and <i>B. licheniformis</i> , Veraneio - <i>B. amyloliquefaciens</i> , Nemat - <i>Purpureocillium lilacinum</i> , and Rizotec - <i>Pochonia chlamydosporia</i>) against different species of <i>Meloidogyne</i> in tomatoes cultivated in a greenhouse and evaluated these products under field conditions to verify their impact on root-associated nematode populations and agronomic and physicochemical traits of fruits from grafted and non-grafted tomato plants. For the greenhouse studies, higher pathogenicity was observed for tomato with <i>M. javanica</i> and <i>M. enterolobii</i> compared to <i>M. incognita</i> . The microbiological nematocides were more effective in controlling <i>M. javanica</i> and <i>M. enterolobii</i> , while for <i>M. incognita</i> , the evaluated products were ineffective. Regarding the field studies, most of the microbiological nematocides evaluated effectively increased production per plant. However, when analyzing the <i>Meloidogyne</i> population in the field, applying microbiological nematocides showed no nematode control in plants without rootstock. On the other hand, in the grafted plants, the Ag109, Veraneio, Rizotec, and Nemat treatments boosted the reduction in the <i>Meloidogyne</i> population in the roots, with average reductions of 68.47, 57.97, 77.29, and 56.70%, respectively. These results indicate the effectiveness of integrated management of microbiological nematocides and resistant rootstock in tomato. Furthermore, combining these two control measures resulted in no change in the nutritional quality of tomato fruits.
29	Lan, XJ; Zhang, J; Zong, ZF; Ma, Q; Wang, Y	2017	Evaluation of the Biocontrol Potential of <i>Purpureocillium lilacinum</i> QLP12 against <i>Verticillium dahliae</i> in Eggplant	BIOMED RESEARCH INTERNATIONAL	Web of Science	Article	Acceso abierto	A fungus with broad spectrum antifungal activity was isolated from the soil in Qinling Mountain, Shaanxi Province, in China. The fungus was identified as <i>Purpureocillium lilacinum</i> based on ITS rDNA gene analysis. The strain, coded as QLP12, showed high inhibition activity on fungal mycelium growth in vitro, especially to <i>Mucor piriformis</i> , <i>Trichothecium roseum</i> , <i>Rhizoctonia solani</i> , and <i>Verticillium dahliae</i> , and its potential for biocontrol efficacy of eggplant. <i>Verticillium</i> wilt disease caused by <i>Verticillium dahliae</i> among 10 fungal species tested was explored. In greenhouse experiments, QLP12 showed an excellent growth-promoting effect on eggplant seed germination (76.7%), bud growth (79.4%), chlorophyll content (47.83%), root activity (182.02%), and so on. QLP12 can colonize the eggplant interior and also develop in rhizosphere soil. In greenhouse, the incidence of <i>Verticillium</i> wilt decreased by 83.82% with pretreated QLP12 fermentation broth in the soil. In the field, QLP12 showed prominent biocontrol effects on <i>Verticillium</i> wilt by reducing the disease index over the whole growth period, a decline of 40.1%. This study showed that the strain QLP12 is not only an effective biocontrol agent for controlling <i>Verticillium</i> wilt of eggplant, but also a plant growth-promoting fungus that deserves to be further developed.

Tabla A5. Cribado de estudios (continuación)

37	Swibawa I.G.; Fitriana Y.; Solikhin; Suharjo R.; Susilo F.X.; Rani E.K.A.; Haryani M.S.; Wardana R.A.	2020	Morpho-molecular identification and pathogenicity test on fungal parasites of guava root-knot nematode eggs in lampung, indonesia	Biodiversitas	Scopus	Article	Acceso abierto	Swibawa I.G, Fitriana Y, Solikhin, Suharjo R, Susilo FX, Rani E, Haryani MS, Wardana RA. 2020. Morpho-molecular identification and pathogenicity test on fungal parasites of guava root-knot nematode eggs in Lampung, Indonesia. Biodiversitas 21: 1108-1115. This study aimed to obtain and discover the identity of the species of fungal egg parasites of root-knot nematodes (RKN), which have a high pathogenic ability causing major losses in vegetable crops. The exploration of the fungi was carried out in 2016 and 2018 from Crystal guava plantations in East Lampung, Central Lampung, Tanggamus, and NirAma, a commercial product that has been used for controlling Meloidogyne sp. in Indonesia. Identification was carried out based on morphological characteristics and molecular-based gene sequential analysis of Intergenic Transcribed Spacer (ITS) 1 and ITS 4. A pathogenicity test was carried out in vitro and in a greenhouse using tomato plants as indicator plants. In the in vitro test, observations were made on the percentage of infected RKN eggs. The observations in the greenhouse test were carried out on RKN populations in the soil and roots of tomato plants, root damage (root knots), and damage intensity due to RKN infection. The exploration resulted in five isolates of fungal egg parasites of RKN from the guava plantations in East Lampung (2), Central Lampung (1), Tanggamus (1), and from the isolation results of commercial products (1). The isolates were given codes as B4120X (PT GGP PG1), B3010 (PT GGP PG4), B412G (PT GGP PG 4), B01TG (Tanggamus), and BioP (Commercial products). Based on their morphological characteristics, the isolates were classified into the genus of Paecilomyces. The results of molecular identification showed that the discovered fungi were Purpureocillium lilacinum (Thom.) Luangsa Ard. (Syn. Paecilomyces lilacinus (Thom.) Samson.). Based on the in vitro tests, the five fungal isolates were able to parasitize RKN eggs at 86.4-100%. In the greenhouse test, all isolates significantly suppressed nematode populations in the soil and tomato roots, inhibited the formation of root knots, and produced lower damage intensity compared to controls. Among all the isolates tested, B01TG had the best ability to infect nematode eggs (99.5%), suppressing the formation of root knots, nematode population in the soil and the roots of tomato plants, and the damage intensity compared to other isolates. © 2020, Society for Indonesian Biodiversity. All rights reserved.
56	Swibawa I.G.; Fitriana Y.; Solikhin; Fandani A.; Suharjo R.; Balqis S.; Purnomo; Susilo F.X.	2024	Effectiveness of bionematicide from Purpureocillium lilacinum in controlling root-knot nematodes (Meloidogyne spp.)	Journal of Tropical Plant Pests and Diseases	Scopus	Article	Acceso abierto	This research aimed to study the efficacy of the fungus Purpureocillium lilacinum as a bionematicide to control root-knot nematodes (RKN). Two steps of experiments were carried out in this study. The first experiment involved the application of various levels of bionematicide doses to control RKN on tomato plants. The second experiment tested the application of bionematicide (both as a single application and in combination with bromelain compost) to control RKN on guava cv. Kristal. A carbofuran nematicide was applied following the company's recommendation in this second experiment for comparison. The results of the first trial showed that the application of P. lilacinum bionematicide at doses ranging from 20–40 g per plant or 7–13 g per kg of soil was effective in reducing the J-2 RKN population in the soil and roots, as well as mitigating damage to plant roots. In the second experiment, it was shown that the application of P. lilacinum bionematicide, either alone or mixed with bromelain compost, was more effective than the application of carbofuran nematicide in reducing the J-2 RKN population in the soil and roots, as well as in minimizing root damage to guava seedlings. Additionally, the application of bionematicides mixed with compost proved more effective than their single application in reducing plant root damage. Furthermore, apart from being able to control nematode populations and plant damage, P. lilacinum bionematicide could stimulate plant growth. © 2024, University of Lampung Faculty of Agriculture. All rights reserved.
57	Isaac G.S.; El-Deriny M.M.; Taha R.G.	2024	Efficacy of Purpureocillium lilacinum AUMC 10149 as biocontrol agent against root-knot nematode Meloidogyne incognita infecting tomato plant; [Eficiência de Purpureocillium lilacinum AUMC 10149 como agente de biocontrole contra o nematoide Meloidogyne incognita que infecta plantas de tomate]	Brazilian Journal of Biology	Scopus	Article	Acceso abierto	Root-knot nematode Meloidogyne incognita is among the biotic factors which has greatly affected both the yield and the quality of the tomato crop. The egg parasitic nematode, Purpureocillium lilacinum (PI) is considered as one of the most promising agents in controlling and overcoming this plant pathogen. The nematocidal effect of the native isolate PI AUMC 10149 on second stage juveniles survival and egg hatching of M. incognita at different times of exposure was tested in vitro. The obtained data showed that PI gave a maximum percentage of J2 mortality (97.6%) and egg hatching inhibition (79.8%) after 72 hours of exposure. The potentiality of PI as well as Bio-Nematon to control M. incognita infecting tomato was conducted using different times of application in vivo. Nine treatments with five replicates were used for such bioagents compared with the nematicide Oxamyl. Each seedling was inoculated with 1000 J2s of nematode/pot and 10 mL of PI (1x10 ¹⁰ CFU/mL) or Bio-Nematon spore suspension (1x10 ⁸ CFU/mL) 10mL/pot. The results indicated that the most effective treatments in reducing nematode population, number of galls and egg masses of M. incognita in plant roots was performed with treatment by PI pre-planting and post-infection with PI (Rf 1.9) giving a significant enhancement in plant length (64.9%), fresh weight (72.52%) and shoot dry weight (163.41%) without negatively impacting environment. Therefore, the present study confirmed that using P. lilacinum AUMC 10149 can be used as a practical supplement to environmentally friendly disease management of root-knot nematodes in Egypt. © 2024, Instituto Internacional de Ecología. All rights reserved.
58	Gortari M.C.; Hours R.A.	2019	In vitro antagonistic activity of Argentinean isolates of Purpureocillium lilacinum on Nacobbus aberrans eggs	Current Research in Environmental and Applied Mycology	Scopus	Article	Acceso abierto	In vitro interaction of three Argentinean isolates of Purpureocillium lilacinum (one isolated from a public park and two from agricultural soils) towards Nacobbus aberrans eggs was studied. After seven incubation days, the three isolates showed reproductive fungal structures fully developed whereas 80 to 100 % of the eggs were infected. No significant differences among the three isolates were observed in fungal activity with respect to hatching and parasitism under the assayed test conditions (p > 0.05). The hatching percentage in control plates increased during the evaluation period of the cultures, with no signs of fungal infection, showing significant differences as compared to the plates infected (p < 0.05). Although the three isolates studied could be considered as potential agents for biological control of root-knot nematodes, it is necessary to further study some aspects in a wide range of experimental conditions in the laboratory, greenhouse and field so as to determine their real efficiency. © 2019, Current Research in Environmental & Applied Mycology.

Tabla A5. Cribado de estudios (continuación)

65	Angélica de Souza Gouveia, Thalita Suelen Avelar Monteiro, Huairlen Marcio Balbino, Fernanda Corbelli de Magalhães, Maria Eduarda Soares Ramos, Vitor Augusto Silva Moura, Paulo Henrique Dias, Luiz Maria	2023	Inoculation of <i>Pochonia chlamydosporia</i> triggers a defense response in tomato roots, affecting parasitism by <i>Meloidogyne javanica</i>	Microbiological Research	Science Direct	Article	Acceso abierto	<i>Pochonia chlamydosporia</i> is a soil-dwelling fungus and biological control agent of nematodes, active ingredient in commercial biofertilizers. The fungus is also endophytically associated with the roots of several plant species, promoting their growth and inducing systemic resistance. In this study, different pathways and tomato defense metabolites were studied to identify mechanisms induced by <i>P. chlamydosporia</i> that contribute to the control of <i>Meloidogyne javanica</i>, at early and late developmental stages. Some defense responses activated by the fungus appeared related to the nematode life cycle. Among the evaluated biochemical analysis, root colonization of <i>P. chlamydosporia</i> showed an increase in the concentration of phenolic compounds, such as chlorogenic acid. In addition, the expression of some host plant genes was also modified. The interaction of the fungus with roots parasitized by <i>M. javanica</i> resulted in the highest expression of Phenylalanine Ammonia-Lyase (PAL), Chalcone synthase (CHS 2), and Protease Inhibitor (PI1) genes at 24 days post-inoculation. At the second sampling time (44 days), there was an increase in the expression of the Respiratory Burst Oxidase Homolog (RBOH) gene. Fungus reduced the expression of the ACC-oxidase and Pathogenesis-Related Proteins 1 (PR-1) genes in roots. Moreover, <i>P. chlamydosporia</i> inoculation changed metabolites and phytohormone profiles of the gall formed by <i>M. javanica</i>. Plant defense response appeared to involve the jasmonic acid and phytosphingosine cascades. With this analysis, it was possible to propose new molecular mechanisms induced by the fungus that contribute to the control of <i>M. javanica</i>.
66	Nayane Oliveira Almeida, Camilla Martins de Oliveira, Cirano José Ulhoa, Márcio Vinícius de Carvalho Barros Côrtes, Murilo Lobo Júnior, Mara Rúbia da Rocha	2022	<i>Trichoderma harzianum</i> and <i>Trichoderma asperellum</i> are potential biocontrol agents of <i>Meloidogyne javanica</i> in banana cv. Grande Naine	Biological Control	Science Direct	Article	Acceso abierto	Biological control of plant-parasitic nematodes by <i>Trichoderma</i> has been widely studied, especially in annual crops such as soybean and cotton, but scarcely explored in the banana crop. Phytonematodes often attack banana plantations, and the species of <i>Meloidogyne</i> typically are the most frequent. Depending on the nematode population, they lead to yield losses or even plant death. Despite several <i>Trichoderma</i> commercial products registered in Brazil as biofungicides or biofertilizers, there is a single one recommended to manage <i>Meloidogyne incognita</i>, with no approvals for <i>M. javanica</i>. The objective of this study was to evaluate two <i>Trichoderma harzianum</i> isolates (ALL42 and IBFL006) and the <i>T. asperellum</i> T00 strain as antagonists of <i>M. javanica</i> and as inducers of systemic resistance on bananas. Greenhouse experiments were conducted by treating seedlings of the Grande Naine susceptible cultivar with conidia suspension of the isolates. The enzymatic activity of CHI and GLU on banana leaves was evaluated at 7, 14, and 21 days after inoculation (DAI). Plant growth and nematode population were evaluated at 60 DAI. <i>T. harzianum</i> ALL42 and <i>T. harzianum</i> IBFL006 reduced the <i>M. javanica</i> population on banana roots by up to 55.2 % and 67.9 %, respectively, in contrast to <i>T. asperellum</i> T00 that was inefficient. Enzymatic activity of CHI in plants non-inoculated with the nematode was higher at 14 DAI and decreased afterward. CHI and GLU activity were higher at 21 DAI in plants treated with isolate IBFL006 and grown in infested soil. The treatments did not promote plant growth. The effect of <i>T. harzianum</i> isolates was tested "in vitro" as filtrate or conidia suspension on mortality of J2 individuals. ALL42 and IBFL006 non-autoclaved filtrates promoted the highest <i>M. javanica</i> mortality rates of 59.6 %, and 68.8 % respectively.
68	Ahmed M. Eldeeb, Ahmed A. Gh. Farag, Muhamad S. Al-Harbi, Hosny Kesba, Samy Sayed, Ahmed E. Elesawy, Mohamed A. Hammad, Cleaved	2022	Controlling of <i>Meloidogyne incognita</i> (Tylenchida: Heteroderidae) using nematocides, Linum usitatissimum extract and certain organic acids on four peppers cultivars under greenhouse conditions	Saudi Journal of Biological Sciences	Science Direct	Article	Acceso abierto	Organic acids and plant extracts, which have a nematocidal action and may be used instead of nematocides that pollute the environment, are one way for controlling the pepper root-knot nematode. We provide in this study for a first time a new strategy for management <i>Meloidogyne incognita</i> (Kofoid and White) by using organic acids and plant extract compared to nematocides on four peppers cultivars (Super amarr, Super mard, Super noura and Werta) under greenhouse conditions compared to nematocides. This study aimed to evaluate 0.1% of organic acids (humic and salicylic acid) and 0.1% of <i>Linum usitatissimum</i> extract on plant parameters of pepper varieties (Super amarr, Super mard, Super noura and Werta) and control of <i>M. incognita</i> under greenhouse conditions compared to four nematocides (Oxamyl 24% SL, Fosthiazates 75% EC, Ethoprophos N40% EC and Fenamiphos 40% EC). Our data obtained four nematocides were more effectiveness than other treatments in reduced galls and egg masses of <i>M. incognita</i>. Whilst, humic and salicylic acids have remarkably higher nematocidal activity than <i>L. usitatissimum</i> in all lines of pepper. Therefore, plant extract and organic acids may be used a best alternative of nematocides to control PPNs and caused the longitudinal growth of plant. Also, ultimately reduce environmental risk from nematocide pollution.
72	McMaster Vambe, Roger M. Cooposamy, Georgina Arthur, Kuben Naidoo	2023	Potential role of vermicompost and its extracts in alleviating climatic impacts on crop production	Journal of Agriculture and Food Research	Science Direct	Article	Acceso abierto	The past few decades have seen worldwide increases in ambient temperatures due to the continuous accumulation of anthropogenic greenhouse gases (water vapour, carbon dioxide, methane and nitrous oxide) in the atmosphere, a phenomenon known as global warming. Global warming causes a gradual shift in nearly all climatic and weather variables resulting in increased incidence of flooding, droughts, desertification, disease and pest outbreaks. Due to its intrinsic relationship with nature, agriculture is highly vulnerable to the changing climate, and as such, farmers, agricultural experts and other stakeholders need to urgently seek sustainable ways to avert impending food shortages. There is currently little information in the literature on the potential use of vermicompost to mitigate the adverse effects of climate change on agriculture production. However, existing empirical evidence strongly suggests that vermicompost and its derivatives contain humic acids, nutrients, earthworm excretions, rich microbial populations, growth hormones and enzymes, which help crops withstand a wide range of abiotic and biotic stresses. The present review explores various ways in which vermicompost and its products can help minimize climatic impacts on crop production. Online research and journal databases (Google Scholar, ScienceDirect, Scopus, and SpringerLink) were used to obtain reports related to agriculture, climate change, vermicompost, abiotic and biotic stresses. The review reveals some of the manifold attributes of vermicompost which could help augment farm production under changing climatic conditions.

Tabla A5. Cribado de estudios (continuación)

77	Hang LIU, Feng-juan PAN, Xiao-zeng HAN, Feng-bin SONG, Zhi-ming ZHANG, Jun YAN, Yan-li XU	2020	A comprehensive analysis of the response of the fungal community structure to long-term continuous cropping in three typical upland crops	Journal of Integrative Agriculture	Science Direct	Article	Acceso abierto	Certain agricultural management practices are known to affect the soil microbial community structure; however, knowledge of the response of the fungal community structure to the long-term continuous cropping and rotation of soybean, maize and wheat in the same agroecosystem is limited. We assessed the fungal abundance, composition and diversity among soybean rotation, maize rotation and wheat rotation systems and among long-term continuous cropping systems of soybean, maize and wheat as the effect of crop types on fungal community structure. We compared these fungal parameters of same crop between long-term crop rotation and continuous cropping systems as the effect of cropping systems on fungal community structure. The fungal abundance and composition were measured by quantitative real-time PCR and Illumina MiSeq sequencing. The results revealed that long-term continuous soybean cropping increased the soil fungal abundance compared with soybean rotation, and the fungal abundance was decreased in long-term continuous maize cropping compared with maize rotation. The long-term continuous soybean cropping also exhibited increased soil fungal diversity. The variation in the fungal community structure among the three crops was greater than that between long-term continuous cropping and rotation cropping. Mortierella, Guehomyces and Alternaria were the most important contributors to the dissimilarity of the fungal communities between the continuous cropping and rotation cropping of soybean, maize and wheat. There were 11 potential pathogen and 11 potential biocontrol fungi identified, and the relative abundance of most of the potential pathogenic fungi increased during the long-term continuous cropping of all three crops. The relative abundance of most biocontrol fungi increased in long-term continuous soybean cropping but decreased in long-term continuous maize and wheat cropping. Our results indicate that the response of the soil fungal community structure to long-term continuous cropping varies based upon crop types.
----	---	------	---	------------------------------------	----------------	---------	----------------	--



Tabla A6. Exclusión del cribado

ITEM	AUTOR	AÑO	TÍTULO DE ARTÍCULO	Observación
1	Nekoval, SN; Chernyakovich, MN; Churikova, A	2024	Efficiency of the fungi isolated from the tomato rhizosphere to control the north root-knot nematode <i>Meloidogyne hapla</i> Chitwood 1949	
3	López-Lima, D; Alarcón-Utrera, D; Ordáz-Melén	2023	<i>Metarhizium carneum</i> Formulations: A Promising New Biological Control to Be Incorporated in the Integrated Management of <i>Meloidogyne enterolobii</i> on Tomato Plants	
4	Niño-Arteaga, DM; Macías-López, BC; Olivas-G	2023	Biocontrol of the root-knot nematode <i>Meloidogyne incognita</i> with <i>Purpureocillium lilacinum</i> and liquid bio-formulates in tomato (<i>Solanum lycopersicum</i>)	
11	Dahlin, P; Eder, R; Consoli, E; Krauss, J; Kiewn	2019	Integrated control of <i>Meloidogyne incognita</i> in tomatoes using fluopyram and <i>Purpureocillium lilacinum</i> strain 251	
13	Giné, A; Sorribas, FJ	2017	Effect of plant resistance and BioAct WG (<i>Purpureocillium lilacinum</i> strain 251) on <i>Meloidogyne incognita</i> in a tomato-cucumber rotation in a greenhouse	No open access
18	Nie, HZ; Lv, BN; Sun, MH; Zhong, ZM; Li, SD	2023	Pre-treatment with Dazomet enhances the biocontrol efficacy of <i>purpureocillium lilacinum</i> to <i>Meloidogyne incognita</i>	
19	Liang, YJ; Ariyawansa, HA; Becker, JO; Yang, J	2020	The Evaluation of Egg-Parasitic Fungi <i>Paraboaeremia taiwanensis</i> and <i>Samsoniella</i> sp. for the Biological Control of <i>Meloidogyne enterolobii</i> on Chinese Cabbage	No brinda datos de tomate
20	El-Ashry, RM; Ali, MAS; Elsobki, AEA; Aioub, AA	2021	Integrated management of <i>Meloidogyne incognita</i> on tomato using combinations of abamectin, <i>Purpureocillium lilacinum</i> , rhizobacteria, and botanicals compared with nematicide	
23	Sharma, A; Sharma, S; Sabir, N; El-Sheikh, MA	2021	Impact assessment of Karanja deoiled cake and sundried biogas slurry as a mixed substrate on the nematocidal potential of <i>Purpureocillium lilacinum</i>	
25	Ali, AAI; Mahgoub, SA; Ahmed, AF; Mosa, WFA	2024	Utilizing endophytic plant growth-promoting bacteria and the nematophagous fungus <i>Purpureocillium lilacinum</i> as biocontrol agents against the root-knot nematode (<i>Meloidogyne incognita</i>) on tomato plants	
27	Pontes, KB; Machado, ACZ; Nogueira, AF; Fago	2024	Efficacy of microbiological nematicides in controlling root-knot nematodes in tomato	

Tabla A6. Exclusión del cribado (continuación).

29	Lan, XJ; Zhang, J; Zong, ZF; Ma, Q; Wang, Y	2017	Evaluation of the Biocontrol Potential of <i>Purpureocillium lilacinum</i> QLP12 against <i>Verticillium dahliae</i> in Eggplant	No habla de tomate, sino de berenjena y otros hongos no m.incognita
37	Swibawa I.G.; Fitriana Y.; Solikhin; Suharjo R.; S	2020	Morpho-molecular identification and pathogenicity test on fungal parasites of guava root-knot nematode eggs in lampung, indonesia	No open access
56	Swibawa I.G.; Fitriana Y.; Solikhin; Fiandani A.;	2024	Effectiveness of bionematicide from <i>Purpureocillium lilacinum</i> in controlling root-knot nematodes (<i>Meloidogyne</i> spp.)	
57	Isaac G.S.; El-Deriny M.M.; Taha R.G.	2024	Efficacy of <i>Purpureocillium lilacinum</i> AUMC 10149 as biocontrol agent against root-knot nematode <i>Meloidogyne incognita</i> infecting tomato plant; [Eficácia de <i>Purpureocillium lilacinum</i> AUMC 10149 como agente de biocontrole contra o nematoide <i>Meloidogyne incognita</i> que infecta plantas de tomate]	
58	Gortari M.C.; Hours R.A.	2019	In vitro antagonistic activity of Argentinean isolates of <i>Purpureocillium lilacinum</i> on <i>Nacobbus aberrans</i> eggs	No data contra meloidogyne
65	Angélica de Souza Gouveia, Thalita Suelen Ave	2023	Inoculation of <i>Pochonia chlamydosporia</i> triggers a defense response in tomato roots, affecting parasitism by <i>Meloidogyne javanica</i>	no da data de p.lilacinum
66	Nayane Oliveira Almeida, Camilla Martins de Ol	2022	<i>Trichoderma harzianum</i> and <i>Trichoderma asperellum</i> are potential biocontrol agents of <i>Meloidogyne javanica</i> in banana cv. Grande Naine	no da data de p.lilacinum
68	Ahmed M. Eldeeb , Ahmed A. Gh. Farag , Muha	2022	Controlling of <i>Meloidogyne incognita</i> (Tylenchida: Heteroderidae) using nematicides, <i>Linum usitatissimum</i> extract and certain organic acids on four peppers cultivars under greenhouse conditions	no da data de p.lilacinum
72	McMaster Vambe, Roger M. Cooposamy, Geor	2023	Potential role of vermicompost and its extracts in alleviating climatic impacts on crop production	no da data de p.lilacinum
77	Hang LIU, Feng-juan PAN , Xiao-zeng HAN , F	2020	A comprehensive analysis of the response of the fungal community structure to long-term continuous cropping in three typical upland crops	no da data de p.lilacinum

Tabla A7. Estudios elegidos

ITEM	AUTOR	AÑO	TÍTULO DE ARTÍCULO
1	Nekoval, SN; Chernyakovich, MN; Churikova, AK; Maskalenko, OA; Muravyov, VS	2024	Efficiency of the fungi isolated from the tomato rhizosphere to control the north root-knot nematode <i>Meloidogyne hapla</i> Chitwood 1949
3	López-Lima, D; Alarcón-Utrera, D; Ordáz-Meléndez, JA; Villain, L; Carrión, G	2023	<i>Metarhizium carneum</i> Formulations: A Promising New Biological Control to Be Incorporated in the Integrated Management of <i>Meloidogyne enterolobii</i> on Tomato Plants
4	Niño-Arteaga, DM; Macías-López, BC; Olivas-García, JM; Alonso-Gómez, MA; Sánchez, E; Muñoz-Márquez, E	2023	Biocontrol of the root-knot nematode <i>Meloidogyne incognita</i> with <i>Purpureocillium lilacinum</i> and liquid bio-formulates in tomato (<i>Solanum lycopersicum</i>)
11	Dahlin, P; Eder, R; Consoli, E; Krauss, J; Kiewnick, S	2019	Integrated control of <i>Meloidogyne incognita</i> in tomatoes using fluopyram and <i>Purpureocillium lilacinum</i> strain 251
18	Nie, HZ; Lv, BN; Sun, MH; Zhong, ZM; Li, SD	2023	Pre-treatment with Dazomet enhances the biocontrol efficacy of <i>purpureocillium lilacinum</i> to <i>Meloidogyne incognita</i>
20	El-Ashry, RM; Ali, MAS; Elsobki, AEA; Aioub, AAA	2021	Integrated management of <i>Meloidogyne incognita</i> on tomato using combinations of abamectin, <i>Purpureocillium lilacinum</i> , rhizobacteria, and botanicals compared with nematicide
23	Sharma, A; Sharma, S; Sabir, N; El-Sheikh, MA; Alyemeni, M	2021	Impact assessment of Karanja deoiled cake and sundried biogas slurry as a mixed substrate on the nematicidal potential of <i>Purpureocillium lilacinum</i>
25	Ali, AAI; Mahgoub, SA; Ahmed, AF; Mosa, WFA; El-Saadony, MT; Mohamed, MDA; Alomran, MM; Al-Gheffari, HK; El-Tarabily, KA; Abuqamar, SF; El-Ashry, RM	2024	Utilizing endophytic plant growth-promoting bacteria and the nematophagous fungus <i>Purpureocillium lilacinum</i> as biocontrol agents against the root-knot nematode (<i>Meloidogyne incognita</i>) on tomato plants
27	Pontes, KB; Machado, ACZ; Nogueira, AF; Fagundes, DFV; de Lima, RB; Mosela, M; Mian, S; Santiago, DC; Gonçalves, LSA	2024	Efficacy of microbiological nematicides in controlling root-knot nematodes in tomato
56	Swibawa I.G.; Fitriana Y.; Solikhin; Fiandani A.; Suharjo R.; Balqis S.; Purnomo; Susilo F.X.	2024	Effectiveness of bionematicide from <i>Purpureocillium lilacinum</i> in controlling root-knot nematodes (<i>Meloidogyne</i> spp.)
57	Isaac G.S.; El-Deriny M.M.; Taha R.G.	2024	Efficacy of <i>Purpureocillium lilacinum</i> AUMC 10149 as biocontrol agent against root-knot nematode <i>Meloidogyne incognita</i> infecting tomato plant; [Eficácia de <i>Purpureocillium lilacinum</i> AUMC 10149 como agente de biocontrole contra o nematoide <i>Meloidogyne incognita</i> que infecta plantas de tomate]

Tabla A8. Tabla de Abreviaturas

Abreviatura	Significado
P. lilacinus	Paecilomyces lilacinus
P. lilacinum	Purpureocillium lilacinum (nombre actualizado del hongo)
M. spp.	Meloidogyne spp. (nematodo agallador)
J2	Juvenil de segundo estadio del nematodo
UFC/mL	Unidades Formadoras de Colonias por mililitro
mL	Mililitro
g	Gramo
pH	Potencial de Hidrógeno
°C	Grados Celsius
PRISMA	Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses
FAO	Food and Agriculture Organization (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura)
DNA	Ácido desoxirribonucleico
In vitro	Ensayo realizado fuera de un organismo vivo
In vivo	Ensayo realizado en un organismo vivo
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
n	Número de muestras o tamaño de muestra
$p < 0.05$	Nivel de significancia estadística menor a 0.05
et al.	et alii (y otros)
EPMB®	Bioestimulante microbiano usado en estudios
Exu-Root®	Bioestimulante radicular comercial