



Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
Complejo Regional Mixteca Izúcar de Matamoros
Licenciatura en Biotecnología

Título de tesis

Aplicación de hongos entomopatógenos: Beauvería bassiana y Metarhizium anisopliae para el control de la cucaracha Blatella germanica: Una Revisión Sistemática.

Tesis para obtener el título de

Licenciado en Biotecnología

Presenta

Andres Ruiz Quintero

Director de Tesis

Dr. Omar Santiago Sosa

Co Director

Dr. Gabriel Pérez Galmiche

Fecha de entrega: 16/09/2024

Índice	
1.Introducción.....	1
2.Planteamiento del problema	2
3.Justificación	3
4.Objetivos	4
4.1. Objetivo general.....	4
4.2. Objetivos específicos.....	4
5.Hipótesis	5
6.Antecedentes	6
6.2 Ciclo biológico	9
6.3 Control químico de la cucaracha alemana: resistencia a insecticidas	9
6.4 Hongos entomopatógenos como alternativas de control en el Manejo Integral de Plagas de la cucaracha alemana.....	13
6.5 Ciclo infeccioso	14
6.6 Revisión Sistemática.....	16
6.7 Manual de Cochrane de revisiones sistemáticas de intervenciones	18
6.8 Declaración PRISMA.....	18
6.9 Herramientas para el cribado y organización de artículos.....	23
6.9.1 Rayyan.....	23
6.9.2 ResearchRabbit	24
7.Metodología	24
7.1 Preguntas PICO.....	28
7.2 Criterios de elegibilidad.....	29
7.2.2 Criterios de exclusión	29
7.3 Estrategia de Búsqueda.....	30
7.4 Fuentes de información	31
7.4.1 Búsqueda de artículos en PubMed	32
7.5 Proceso de selección de los estudios.....	40
7.6 Selección de estudios	45
7.7 Proceso de extracción de estudios.....	46
8.Resultados	47

8.1 Resultados de cribado	47
8.2 Características de los estudios	50
8.3 Evaluación del riesgo de sesgo	55
9. Discusión	59
9.1 Métodos de aplicación	59
9.1.1 Inyección	59
9.1.2 Tópica	61
9.1.3 Cebo	63
10. Conclusiones	66
11. Perspectivas	67
12. Bibliografía.....	68

Índice de figuras

Figura 1.Ruta y origen de la cucaracha alemana.....	6
Figura 2. Morfología de la cucaracha alemana (31).	7
Figura 3.Características del ciclo de vida de la cucaracha alemana (elaboración propia).....	8
Figura 4.Eclosión de ooteca (34).....	9
<i>Figura 5.Linea del tiempo de insecticidas usados en la cucaracha alemana.....</i>	11
Figura 6.Principales hongos entomopatógenos (41)	13
Figura 7. Ciclo infectivo de Hongos entomopatógenos en cucarachas.(44)	14
Figura 8. Cucaracha parasitada por <i>Metarhizium anisopliae</i> (46).....	15
Figura 9.Diagrama de Flujo PRISMA para la revisión sistemática (47).	22
Figura 10.Buscador de PubMed	33
Figura 11.Vista ejemplar de resultados de búsqueda en Pubmed.	34
Figura 12.Filtros de búsqueda en PudMed.....	35
Figura 13.Menú de Búsqueda avanzada en Biblioteca virtual BUAP para ESBSCO.	36
Figura 14.Opciones de búsqueda	37
Figura 15.Limitadores específicos	37
Figura 16. Resultados	38
Figura 17.Ubicación y menú de búsqueda avanzada	39
Figura 18. Menú búsqueda avanzada	40
Figura 19.Exportación de artículos en EBSCO y Google académico	41
Figura 20.Descarga del historial de búsquedas y descarga adicional en PubMed ...	42
Figura 21.Creacion de cuenta y proyecto nuevo en Rayyan.....	43
Figura 22.Subir referencias a Rayyan.....	43
Figura 23.Interfaz de Rayyan para la clasificación y detección de duplicados.....	44
Figura 24.Panel de filtros de Rayyan	44
Figura 25.Interfaz de conexiones y línea del tiempo en ResearchRabbit	45
Figura 26.Esquema de las características básicas de un gestor de referencias.....	46
Figura 28. Grafica de comparación de mortalidad de la cucaracha alemana y chinche de cama por inyección de <i>Beauveria Bassiana</i>	60

Índice de Tablas

Tabla 2. Ingredientes activos en los insecticidas más comunes y los que han mostrado resistencia la cucaracha alemana.	11
Tabla 3. Lista de verificación PRISMA 2020 (47).	19
Tabla 4. Componentes del proceso de revisión sistemática.....	25
Tabla 5. Componentes PICO enfocado a la pregunta.	28
Tabla 6. Operadores booleanos y técnicas de refinamiento.....	30
Tabla 7. Estrategias de búsqueda para cada base de datos.....	31
Tabla 12. Valoración de los riesgos de sesgo.....	58
Tabla 13. Métodos de aplicación de B. Bassiana dado por los autores Davari y Ashbrook (3,11).	64

Resumen

La cucaracha alemana, *Blatella germánica*, es una plaga de importancia en ambientes urbanos, ya que su erradicación es complicada, debido a que este artrópodo es resistente a diferentes insecticidas químicos como organofosforados, piretroides y organoclorados (1).

Actualmente el control de esta plaga resulta complicado debido a que los planes de manejo integral de plaga (MIP) recurren a los agentes ya mencionados, los cuales tienen una efectividad reducida, además de que requieren de aplicaciones simultáneas para controlar su reproducción (2).

Una solución alternativa ante el problema planteado es el uso de agentes de control biológico como los hongos entomopatógenos *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana*, los cuales han demostrado tener una alta efectividad en el control de la plaga causada por la cucaracha alemana (3,4).

El objetivo de este trabajo de tesis es realizar una revisión sistemática en bases de datos de libre acceso como PubMed y Google Scholar, con el fin de comparar los métodos de aplicación reportados en ensayos de laboratorio de los hongos entomopatógenos *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana* para el combate de la cucaracha alemana (*Blatella germánica*). La búsqueda de artículos se realizó utilizando operadores booleanos conforme a los criterios de inclusión establecidos, que son: *Blatella Germanica*, *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, uso combinado con otros agentes auxiliares, métodos empleados y mortalidad de la cucaracha alemana.

La revisión sistemática se realizó siguiendo el manual de Cochrane, que proporciona las directrices detalladas para la realización rigurosa y transparente de revisiones sistemáticas. Para la elaboración del informe, se utilizaron las directrices de la declaración PRISMA, para asegurar la claridad y la transparencia en la presentación de los métodos y resultados de la revisión.

Se utilizaron herramientas basadas en inteligencia artificial, como rayyan para el cribado de artículos y Research Rabbit para la visualización de conexiones entre artículos.

En la revisión se encontraron 892 artículos que fueron sometidos a un proceso de selección basado en los criterios de elegibilidad y estrategias de búsqueda planteados en este trabajo, como resultado de ello se eligieron 10 artículos para su análisis y discusión.

Los resultados de la revisión mostraron que la integración de estos hongos en los MIP aún no se encuentra reportada, esto demuestra que su implementación se encuentra en estudio y se requieren de mayores ensayos para crear planes de reproducción y control de estos agentes para evitar problemas a nivel biótico a futuro.

Palabras clave: *revisión sistemática, Blatella germánica, control de plagas, hongos entomopatógenos, Beauveria bassiana, Metarhizium anisopliae.*

1.Introducción.

Las cucarachas son plagas sinantrópicas, es decir, habitan en ecosistemas urbanos, lo cual les permite adaptarse a las condiciones establecidas como consecuencia de las actividades humanas. La especie de mayor prevalencia en zonas urbanas es *Blatella germánica* (cucaracha alemana), puesto que las condiciones ambientales de estos sitios son idóneas para su reproducción, cada hembra puede reproducir de 5 a 8 ootecas y dentro de ellas almacenar de 30 a 40 huevecillos, debido a ello su erradicación es complicada (5). Para combatirla se han propuesto diferentes ensayos en los cuales resalta el uso de entomopatógenos fúngicos que prometen la creación de nuevos productos biotecnológicos como alternativas al uso de insecticidas químicos, esto es relevante puesto que en las últimas décadas se ha visto reflejada una resistencia de esta especie a 43 ingredientes activos contenidos en dichos insecticidas (6).

En la naturaleza se encuentran diversos agentes de control biológico, entre ellos los hongos, los virus, las bacterias y los nematodos. Es importante destacar el papel de los hongos entomopatógenos ya que tienen un elevado potencial en el control de plagas, estos provocan infecciones fungosas a poblaciones de artrópodos. A pesar de su potencial en el combate de plagas de insectos, los mecanismos de infección de algunos hongos entomopatógenos se encuentran en estudio y por ello la información para su uso correcto en los planes integrados de control de plagas no se encuentra disponible (7).

El uso de hongos entomopatógenos presenta una elevada potencialidad en el control biológico de la cucaracha alemana (5). Al día se han hecho diversas publicaciones acerca de su aplicación en el control biológico de la cucaracha alemana, en donde se ha planteado la posibilidad de incluirlos en programas de manejo integral de plagas (8,9).

Entre los hongos entomopatógenos más conocidos se encuentran *Beauveria bassiana*, esta especie infecta a más de 200 especies de insectos de diferente orden, entre ellos, la cucaracha alemana (*Blatella Germanica*) (4,10,11).

Las investigaciones basadas en el uso de entomopatógenos fúngicos se fundamentan en el análisis de la mortalidad de la cucaracha alemana frente a dichos agentes biológicos, esto ha permitido que se tenga un mejor panorama de su mecanismo de acción, contribuyendo en la mejora del manejo de los entomopatógenos fúngicos. Sin embargo, la disponibilidad de la información correspondiente a los métodos de aplicación, la efectividad y la bioseguridad en el uso de estos agentes es reducida debido a que al encontrarse en etapas de ensayo de laboratorio se promueve que sólo los especialistas en el área accedan a dicha información para complementar sus investigaciones, con ello se vuelve importante la difusión de la información en torno a estos agentes biológicos para crear una guía informativa o de uso para su futura implementación en los MIP.

2.Planteamiento del problema

La cucaracha alemana (*Blatella germánica*) es considerada una plaga urbana, afecta a la salud pública en estas áreas ya que son transmisoras de enfermedades causadas por bacterias patógenas como *salmonella*, *escherichia coli*, entre otras. Estas bacterias al entrar en contacto con alimentos y superficies, pueden contaminarlos, lo que a su vez facilita la transmisión de enfermedades infecciosas como salmonelosis, gastroenteritis y otras enfermedades gastrointestinales. Además, la exposición de alérgenos de cucarachas (escamas de piel y materias fecales) en algunas personas puede desencadenar alergias y asma (12,13). Llevar a cabo un manejo integrado de plagas puede ser la solución para el problema de infestación de la cucaracha. A pesar de la disponibilidad de diferentes tipos de plaguicidas, es necesaria la integración de otras tácticas, como el uso de agentes biológicos (6).

La necesidad de adoptar enfoques integrados para controlar esta plaga, ha surgido debido a la aparición de poblaciones de cucarachas resistentes a los insecticidas, se tiene documentado que los insecticidas comerciales formulados con agentes químicos presentan una efectividad de entre el 39.84% y el 47.82%, por ello es necesario desarrollar productos más selectivos y determinar la técnica de aplicación más eficaz, puesto que para los insecticidas comerciales se requieren de hasta 90 días para la erradicación parcial de esta plaga dependiendo de la superficie de contacto que tenga el insecticida (14–16).

El control biológico basado en el uso de hongos entomopatógenos, es una opción en el manejo integral de plagas, ya que estos organismos pueden infectar y matar a las cucarachas sin causar daño a otros organismos o al medio ambiente (5). Las cepas *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana* han recibido interés en la investigación por su efectividad en el control de la cucaracha alemana (8).

Las investigaciones realizadas en torno al uso de estas dos cepas de hongos entomopatógenos han evaluado la tasa de mortalidad de la cucaracha alemana en sus tres etapas de desarrollo al ser aplicadas vía tópica, espolvoreada, inyección, cebo, entre otras (4,17).

Las investigaciones documentan cierta eficacia del control biológico de la cucaracha alemana, sin embargo, los resultados son heterogéneos ya que los diversos estudios publicados a la fecha, muestran diferencias en torno a los casos de estudio y con ello se vuelve necesaria la revisión sistemática del uso y efectividad en el control de la plaga *Blatella Germanica* de los hongos *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria Bassina* para proporcionar una comparación objetiva en cuanto a la efectividad de los hongos entomopatógenos y los insecticidas comerciales (1,3,4,18–20).

A pesar del interés creciente en el uso de hongos entomopatógenos en el control de la plaga de la cucaracha alemana, aún existen vacíos de conocimiento y áreas de controversia que requieren una revisión sistemática de mayor profundidad.

43 **3.Justificación**

44

45 En la naturaleza podemos encontrar diferentes agentes de control biológico
46 tales como depredadores, parasitoides y microorganismos, entre ellos se
47 encuentran a los virus, bacterias y los hongos, de los cuales se ha demostrado su
48 acción como controles biológicos de plagas (21) .

49 La eficacia, la rentabilidad, la preservación de los organismos beneficiosos y
50 la bioseguridad para los seres humanos, además de no tener efectos nocivos en el
51 medio ambiente son las ventajas competitivas que tienen estos agentes en
52 comparación con los agentes químicos convencionales (21).

53 Asimismo, estos agentes de control presentan ventajas sobre otros, ya que
54 pueden ser producidos artificialmente, ser almacenados por periodos largos y ser
55 modificados genéticamente para una mejor aplicación en los insectos. Además, en
56 el sector agrario algunos hongos entomopatógenos brindan protección contra
57 numerosas plagas a la planta huésped, produciendo compuestos como metabolitos
58 secundarios y enzimas. Son ecológicamente benéficos para el medio ambiente ya
59 que son promotores de crecimiento vegetal (22).

60 Los hongos entomopatógenos están específicamente adaptados para
61 parasitar insectos, debido a sus componentes morfológicos tales como su cutícula
62 y además su fisiología interna. Las condiciones para su crecimiento, como la
63 humedad y la temperatura, tienen una relación indirecta entre las cucarachas y los
64 hongos, basado en el entorno que comparten; las cucarachas, conocidas por
65 prosperar en ambientes húmedos y oscuros encuentran condiciones similares a las
66 necesarias para el crecimiento de hongos entomopatógenos con un rango óptimo
67 entre 25° y 30°C, estas condiciones crean un nicho ecológico donde los hongos
68 pueden proliferar e infectar a la cucaracha para erradicar su existencia (23,24).

69 La revisión sistemática de estudios que describen las formas de aplicación,
70 el tipo de aplicación del producto, la formulación del producto, los mecanismos de
71 seguridad asociados a su aplicación servirá para comprender los avances en la
72 utilización de hongos entomopatógenos para el control de esta plaga. De esta
73 manera el efectuar una revisión sistemática y compendio de las investigaciones
74 basadas en el combate de dichos insectos podría proveer a aquellos interesados en
75 el tema, una síntesis de la información disponible, identificar brechas en la
76 investigación actual y material de apoyo para el trabajo académico.

77 Se vislumbra en un futuro cercano, un incremento en el uso del control
78 biológico como consecuencia de la globalización de la economía y la apertura al
79 comercio internacional, por lo que identificar patrones de estrategias exitosas,
80 puede promover la generación de nuevos productos comerciales, así como una
81 base de datos que ayude en los protocolos de combate de la plaga de la cucaracha
82 alemana y así se promueva una implementación efectiva de estos productos en el
83 mercado.

84 **4.Objetivos**

85 **4.1. Objetivo general**

86

87 Realizar una revisión sistemática de las investigaciones publicadas en bases
88 de datos gratuitas en torno al mecanismo de acción, métodos de aplicación y
89 efectividad de los hongos entomopatógenos de las cepas *Metarhizium anisopliae* y
90 *Beauveria bassiana* usados en el combate de *Blatella germánica*.

91 **4.2. Objetivos específicos**

92

93 1. Aplicar las directrices de la declaración PRISMA para la selección de
94 artículos basados en los métodos de aplicación, efectividad, mecanismo de
95 acción y uso de los hongos *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana* en
96 entornos urbanos para el combate de la plaga ocasionada por la cucaracha
97 alemana.

98 2. Utilizar herramientas especializadas para hacer el cribado y organización de
99 artículos basados en el uso de los hongos entomopatógenos *Beauveria*
100 *bassiana* y *Metarhizium anisopliae* en el combate de la plaga *Blatella*
101 *Germanica*.

102 3. Comparar la efectividad de los métodos de aplicación de los hongos
103 entomopatógenos *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana* en
104 combinación con otros agentes auxiliares.

105 4. Realizar una síntesis de datos relacionados con el área de aplicación, el tipo
106 de aplicación del producto, la formulación del producto, los mecanismos de
107 seguridad para su aplicación y del monitoreo de los hongos
108 entomopatógenos para facilitar el acceso a la información del uso de los
109 hongos *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana*.

110

111

112

113

114

115

116

117

118

119

120

121

122

123

124

125

126 **5.Hipótesis**

127

128 La revisión sistemática y la síntesis de la información de los diversos estudios
129 sobre la experimentación de los hongos *Beauveria bassiana* y *Metarhizium*
130 *anisopliae* permitiría identificar los factores determinantes de la eficacia y la
131 seguridad del uso de estos microorganismos sobre el combate de *Blatella*
132 *germánica* en entornos urbanos.

133

134

135

136

137

138

139

140

141

142

143

144

145

146

147

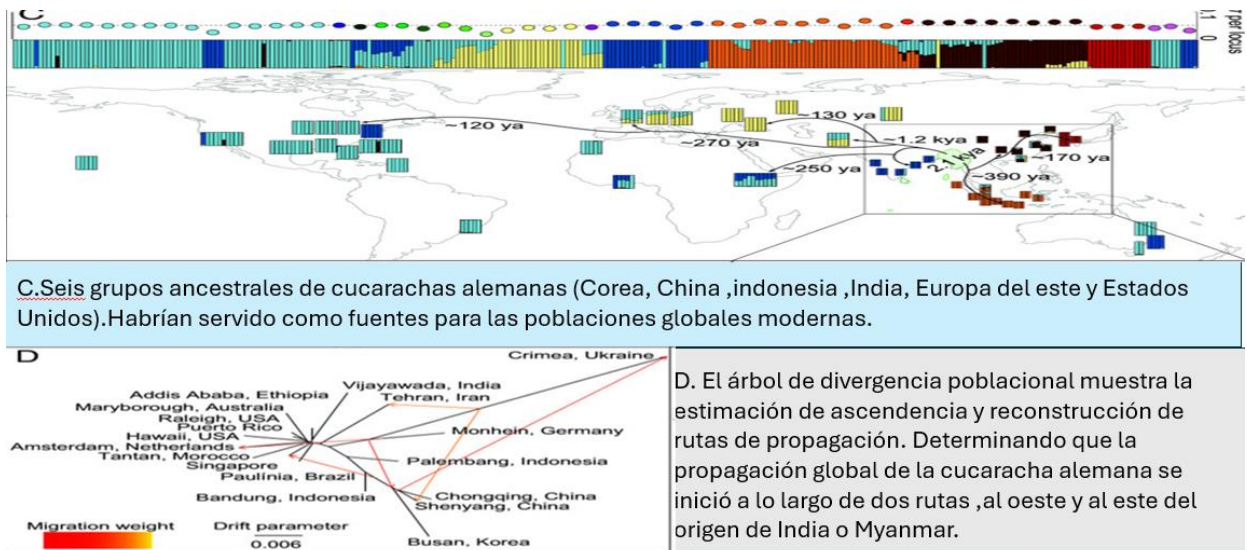
148

149

150

151 **6. Antecedentes**

152 La cucaracha alemana (*Blatella germanica*), cuyo origen se encuentra en
153 Asia, probablemente evolucionó a partir de la cucaracha asiática *Blatella asahinai*.
154 A pesar de su nombre, no refleja con precisión su origen geográfico, sino que su
155 denominación proviene de malentendidos históricos y asociaciones con la región.
156 La propagación de este insecto a nivel global se facilitó debido a las actividades
157 comerciales y guerras (Figura 1) (25,26).



C. Seis grupos ancestrales de cucarachas alemanas (Corea, China, indonesia, India, Europa del este y Estados Unidos). Habrían servido como fuentes para las poblaciones globales modernas.

D. El árbol de divergencia poblacional muestra la estimación de ascendencia y reconstrucción de rutas de propagación. Determinando que la propagación global de la cucaracha alemana se inició a lo largo de dos rutas, al oeste y al este del origen de India o Myanmar.

158

159 **Figura 1. Ruta y origen de la cucaracha alemana.** De acuerdo a la estimación de diversidad de
160 nucleótidos se sugieren 6 grupos ancestrales de cucaracha alemana (Corea, China, Indonesia,
161 India, Europa del este y Estados Unidos) habrían servido como fuente para las poblaciones
162 globales modernas, en el recuadro se señala que la divergencia más alta fue entre las poblaciones
163 de Corea, Indonesia e India en Asia. (D) Divergencia de poblaciones clave presentadas en forma de
164 árbol basado en la frecuencia de alelos con residuos de parámetros de deriva mapeados como
165 bordes de migración (25).

166 Los avances que aceleraron el transporte, la globalización del comercio y el
167 aumento del confort en la vivienda (plomaría y calefacción), permitieron a la
168 cucaracha colonizar regiones urbanas que antes habían sido inaccesibles debido a
169 la alta mortalidad durante los viajes de larga distancia (25).

170 En su llegada a México, la cucaracha alemana encontró las condiciones
171 climáticas para su habitad y reproducción, el problema de infestación en los últimos
172 años se ha agravado con la temporada de calor, lo que ha provocado el incremento
173 en sus índices de reproducción, esta noticia ha sido mencionada por diferentes
174 medios para que la población tome medidas de prevención e higiene para evitar
175 enfermedades que la cucaracha alemana propaga (27).

176 El problema de infestación de cucarachas alemanas en México es un
177 agravante de salud pública, ya que se ha relacionado con la sensibilización y
178 manifestación de síntomas respiratorios causados por la saliva, heces, secreciones
179 y desechos de estos insectos. Esta exposición es uno de los factores más

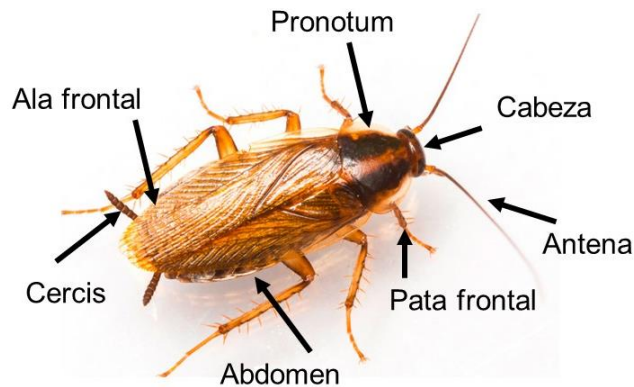
180 importantes para el desarrollo de asma, especialmente en poblaciones urbanas de
181 bajos ingresos.

182 En México, 8.5 millones de mexicanos viven con asma, siendo la
183 enfermedad respiratoria crónica antes del COVID 19, como la primera causa de
184 atención en Servicio de Urgencias del Instituto Nacional de Enfermedades
185 Respiratorias (INER), la infestación de cucarachas alemanas en hogares mexicanos
186 agrava este problema de salud pública, debido a la alta sensibilidad de la población
187 a los alérgenos de esta plaga (28,29).

188 El manual para el control de cucarachas publicado por la universidad de
189 Nebraska sugiere que el primer paso para la erradicación de esta plaga es conocer
190 el género con el que se está tratando y su ciclo de vida(30).

191 El ciclo de crecimiento de la cucaracha alemana se puede resumir en tres
192 etapas: huevecillo, ninfa y adulto. Las cucarachas inmaduras o ninfas son más
193 pequeñas que las adultas y las crías salen de los huevecillos o cápsulas que
194 deposita la hembra adulta (30).

195 Los adultos miden aproximadamente de 10 a 16 mm con características de
196 coloración marrón claro o tostados con dos rayas horizontales oscuras situadas en
197 el pronotum detrás de la cabeza, su cuerpo está aplanado ventralmente, lo que le facilita
198 ocultarse en espacios estrechos. Las principales partes del cuerpo de la cucaracha
199 alemana se pueden visualizar en la Figura 2. Esta figura ilustra detalladamente la
200 morfología de la cucaracha alemana, destacando sus características anatómicas
201 más relevantes. Se pueden observar las divisiones en cabeza, tórax y
202 abdomen (31).



203

204

Figura 1. Morfología de la cucaracha alemana (31).

205

206

207

208

209 **6.1 Etapas de crecimiento**

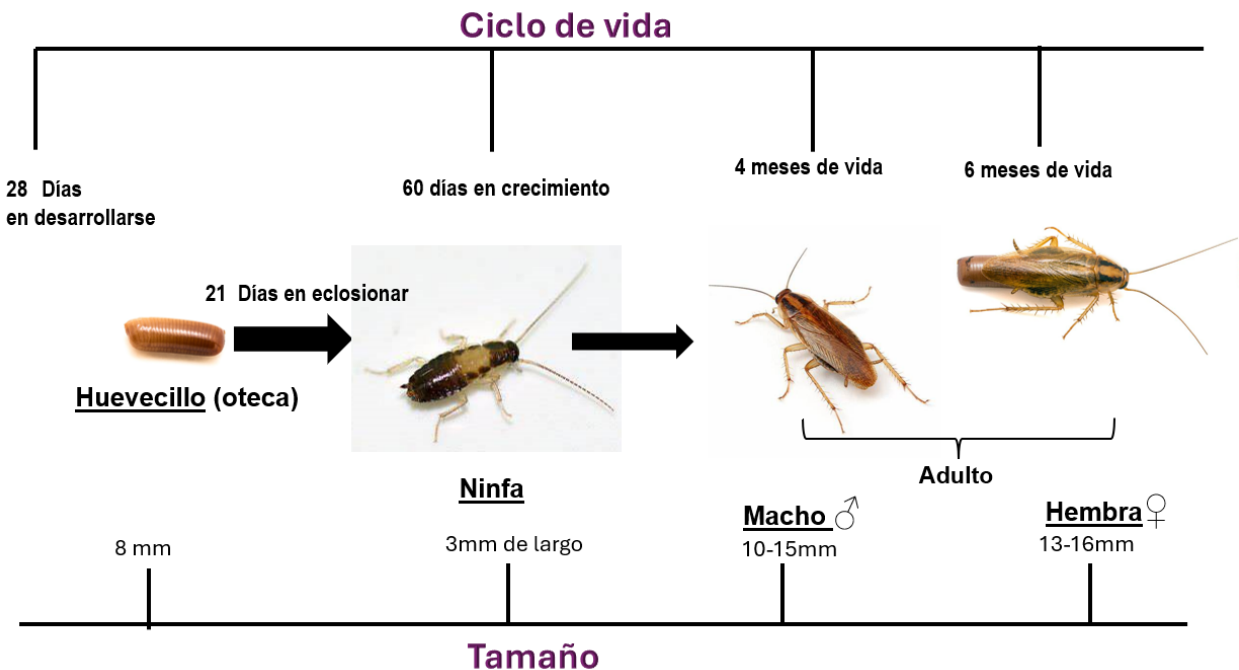
210 **Características morfológicas de las etapas de crecimiento**

211 Las características de sus dos etapas de crecimiento son: la temprana que incluye
212 la ooteca y ninfa, y la etapa adulta, que se presenta en los géneros de macho y
213 hembra, estas se visualizan en la Figura 3.

- 214 1. **Ooteca:** La ooteca mide de ¼” a 3/8” de largo, tiene dos tonos de color
215 (marrón/amarillo) y contiene de 30 a 40 huevecillos. Las hembras producen
216 de 6 a 8 ootecas a lo largo de su vida y suelen llevarlas consigo hasta 1 o 2
217 días antes de la eclosión (31).
218 2. **Ninfa:** Son de color marrón más oscuro con una mancha clara sobre el tórax
219 se desarrollan a los 60 días de crecimiento y miden hasta 3 mm de longitud.

220 **Adultos**

- 221 3. **Hembras:** Son ligeramente más oscuras con un tórax más ancho con una
222 longitud 13 a 16 mm. Durante el estado reproductivo la hembra cubre
223 aproximadamente la mitad de la ooteca con sus alas (32).
224 4. **Machos:** De aspecto similar a la hembra, pero más pequeños, es decir con
225 un ancho más pequeño y de color más claro, con una longitud de 10 a 15
226 mm.



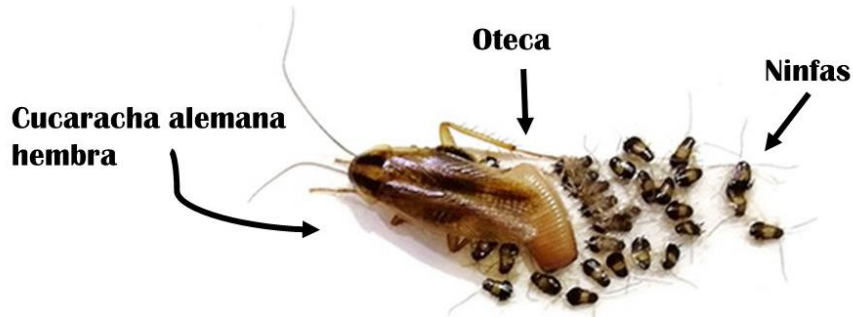
227

228 **Figura 2.** Características del ciclo de vida de la cucaracha alemana (elaboración propia).

229

230 6.2 Ciclo biológico

231 Las cucarachas alemanas hembras, transportan sus huevos hasta justo
232 antes de eclosionar, cada ooteca contiene entre 30 y 40 huevecillos. Las hembras
233 solo necesitan aparearse una vez para tener descendencia durante casi toda su
234 vida, lo que indica su capacidad de reproducción rápida y asexual (Figura 4) (33).
235 Esta especie puede vivir de 100 a 200 días, lo cual es relevante para entender su
236 ciclo de vida y su longevidad.



237

238 *Figura 3. Eclosión de ooteca (34).*

239 6.3 Control químico de la cucaracha alemana: resistencia a 240 insecticidas

241

242 El control químico se refiere al uso de sustancias químicas para controlar las
243 poblaciones de cucarachas. A menudo el uso de dichos agentes se hace sin recurrir
244 a soluciones profesionales de control de plaga, lo que ha dado lugar al uso de
245 múltiples tratamientos y dosis excesivas, ocasionando que la cucaracha alemana
246 desarrolle resistencia a los insecticidas, esto significa que ha adquirido la capacidad
247 de tolerar los efectos de dichas sustancias sin que les resulten letales. Esto ha
248 generado una preocupación en el control efectivo de la plaga y del impacto
249 ambiental debido a la sobreutilización de estos productos (5).

250 Los tipos de resistencia y sus características se muestran en la tabla 1.

251

252 *Tabla 1. Tipos de resistencia (35).*

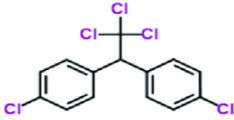
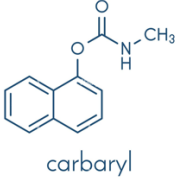
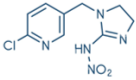
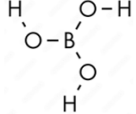
<i>Tipo</i>	<i>Descripción</i>
Resistencia cruzada positiva	Se refiere a la resistencia del insecto a un insecticida específico y a otros agentes que tienen el mismo mecanismo de acción. Por ejemplo: Se ha observado que la cucaracha alemana expuesta repetidamente a piretroides desarrolla resistencia no solo a este grupo, sino

<i>Tipo</i>	<i>Descripción</i>
	también a otros insecticidas que actúan sobre el sistema nervioso, como los organofosforados.
Resistencia cruzada negativa	Si el insecto se vuelve resistente a un tratamiento puede volverse vulnerable a otro tratamiento inicial. Ejemplo: Algunas poblaciones de cucarachas alemanas que han desarrollado resistencia a los insecticidas piretroides pueden ser más susceptibles a los insecticidas neonicotinoides. Esto se debe a que los mecanismos de detoxificación que desarrollaron para los piretroides no pueden interferir con la acción de los neonicotinoides.
Resistencia múltiple	Es la capacidad que tiene el insecto de resistir a múltiples agentes de control como insecticidas, este fenómeno dificulta el control de las plagas y enfermedades de los insectos, se vuelven mas resistentes

253

254 Históricamente se han utilizado varios insecticidas de contacto y residuales,
 255 desde la aparición del dicloro difenil tricloroetano (DDT) en la década de 1950
 256 (Figura 5), se inició una era de uso de insecticidas sintéticos para el control de
 257 cucarachas pasando al uso de organofosforados y organoclorados en los años
 258 noventa, usándose en forma de aerosoles y polvos, que posteriormente se
 259 sustituyeron por formulaciones de cebos secos de gel o insecticidas no repelentes
 260 de acción lenta tales como avermectinas, fenilpirazoles, ozadiasinas y
 261 recientemente, reguladores del crecimiento de insectos (14).

262 Los ingredientes activos de los insecticidas más comunes y su mecanismo
 263 de acción se encuentran enlistados en la tabla 2.

DDT (Dicloro-Difenil-Tricloroetano)	Carbamatos	Neonicotinoides	Insecticidas Desecantes
<p>Fueron ampliamente utilizados durante esta época. Sin embargo, la resistencia y las preocupaciones ambientales llevaron a su prohibición gradual.</p> 	<p>Actuaban inhibiendo la enzima acetilcolinesterasa, esencial para el sistema nervioso de las cucarachas.</p> 	<p>Como el imidacloprid, comenzaron a usarse debido a su acción sobre los receptores nicotínicos de acetilcolina en las cucarachas.</p>  <p>Los reguladores de crecimiento de insectos (IGR) como el <u>metopreno</u> y el <u>hidropreno</u>, que interfieren con la maduración y reproducción de las cucarachas.</p>	<p>Considerados muy eficaces, actúan absorbiendo los lípidos de la capa cerosa del exoesqueleto de las cucarachas, causando deshidratación y muerte.</p>  <p>Cebos en Gel y Aerosoles: Con múltiples ingredientes activos para combatir la resistencia. Marcas como Zotal y Raid®, y productos como LETAL® Gel Cucarachas han demostrado ser efectivos.</p>
1950-1960	1970-1980	1990-2000	Actualidad

264

265

Figura 4. Línea del tiempo de insecticidas usados en la cucaracha alemana.

266

267

Tabla 1. Ingredientes activos en los insecticidas más comunes y los que han mostrado resistencia la cucaracha alemana.

268

Clasificación	Nombre	Método de aplicación	Mecanismo de acción	Referencia
Organofosforados	<p>Clorpirifos</p> <p>Clorpirifos-metilo</p> <p>Diazinón</p> <p>Malatión</p> <p>Paratión</p> <p>Pirimifos-metilo</p> <p>Triclorfón</p>	De contacto	<p>Debido a la inhibición de la colinesterasa, la acetilcolina no se descompone adecuadamente. Esto provoca una acumulación de esta en la sinapsis, provocando una actividad del sistema nervioso descontrolada conocida como estado de "colinérgico", provocando la muerte del insecto.</p>	(34)
Piretroides	<p>Abamectina</p> <p>Aletrina</p>	Cebo	Actúan sobre el sistema nervioso de los insectos,	35)

Clasificación	Nombre	Método de aplicación	Mecanismo de acción	Referencia
	Bendiocarb Bifentrina Ciflutrina Cihalotrina Cihalotrina-lambda Cipermetrina Deltametrina Esfenvalerato Fentión Fenvalerato Fipronilo Imidacloprid Indoxacarb Permetrina Fenotrina Propoxur Resmetrina Tau-fluvalinato Tralometrina		interfiriendo en el transporte de sodio de la membrana de las células neuronales de los insectos, provocando en la cucaracha alemana, síntomas de hiperexcitación, y eventualmente parálisis seguida de la muerte.	
Organoclorados	Aldrín Clordano DDT Dieldrín Lindano	Contacto y Cebo	Su acción es mediante una acción neurotóxica que afecta la transmisión de impulso nervioso.	(36, 37)

270 En respuesta a ello, se desarrolló el manejo integral de plagas (MIP), este
271 consiste en la cuidadosa implementación de las técnicas disponibles para combatir
272 las plagas y la posterior integración de medidas apropiadas que disminuyan el
273 desarrollo de poblaciones invasoras. El MIP combina estrategias y prácticas
274 específicas de gestión biológica, química, física y agrícola para producir cultivos
275 sanos y minimizar la utilización de plaguicidas, mitigando o reduciendo al mínimo
276 los riesgos que plantean estos productos para la salud humana y el medio ambiente
277 ((38).

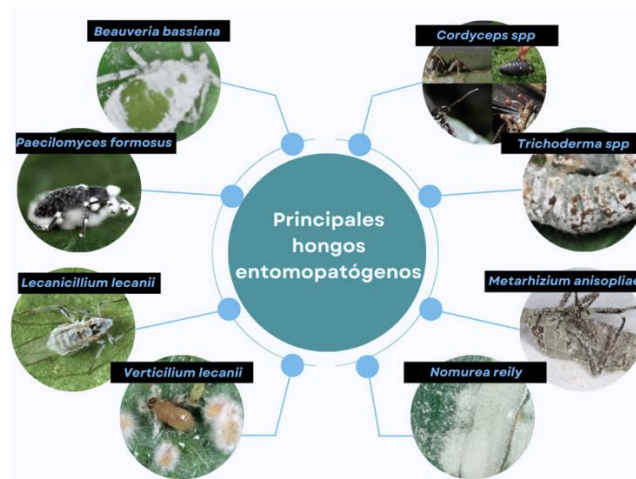
278

279 **6.4 Hongos entomopatógenos como alternativas de control en el** 280 **Manejo Integral de Plagas de la cucaracha alemana** 281

282 El control biológico ha sido un tema de interés para muchos científicos, en
283 1989 se estableció en México la sociedad mexicana de control biológico, agrupación
284 que celebra un congreso anual para la difusión y promoción de la capacitación del
285 uso del control biológico (10). Sin embargo, la creación de productos agroecológicos
286 está en desarrollo y ello ocasiona que estas capacitaciones estén en constante
287 actualización (39).

288 La mayoría de los estudios para el combate de la cucaracha alemana se han
289 enfocado en el estudio de alternativas de control biológico, siendo los hongos
290 entomopatógenos una opción prometedora para su erradicación (5).

291 Se conocen aproximadamente 90 géneros y 700 especies de hongos
292 entomopatógenos, entre los más conocidos están: *Metarhizium anisopliae*,
293 *Beauveria bassiana*, *Aschersonia*, *Lecanicillium lecanii*, *verticillium*, *cordyceps spp*,
294 *Trichoderma spp*, entre otros (Figura 6) (40,41). A diferencia de otros agentes de
295 control no necesitan ser ingeridos por el insecto para controlarlo, pudiendo ocurrir
296 la infección por contacto y adhesión de esporas a las partes bucales, membranas
297 intersegmentales o a través de los espiráculos (7).



298

299

Figura 6. Principales hongos entomopatógenos (41).

300 Particularmente, las especies *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*
301 son las que tienen un mayor desarrollo en la investigación como agentes de control
302 de la cucaracha alemana, se ha observado que la tasa de mortalidad ronda del 85
303 % al 100% en cucarachas usadas en experimentos de laboratorio durante un
304 periodo de 15 días (4,18). Sin embargo, el factor limitante para el uso de los hongos
305 entomopatógenos en entornos urbanos es la preocupación por el riesgo de una
306 contaminación y las posibles alergias que puedan ocasionar en la población cercana
307 a la zona de aplicación de estos agentes biológicos (42).

308 Debido a lo anterior, ha surgido la necesidad por tener planes de seguimiento
309 y de contar con una guía para su adecuado uso, por tal motivo, empresas como
310 EcoScience se han encargado del diseño de dispositivos para realizar pruebas de
311 control en la aplicación de los hongos ya mencionados.

312 Algo importante a mencionar es que las cucarachas que se infectan con estos
313 hongos generan la proliferación del microorganismo a través de su introducción en
314 los sitios donde habitan, generando contaminación con otras cucarachas, esto los
315 convierte en agentes altamente efectivos para este tipo de plagas (43).

316

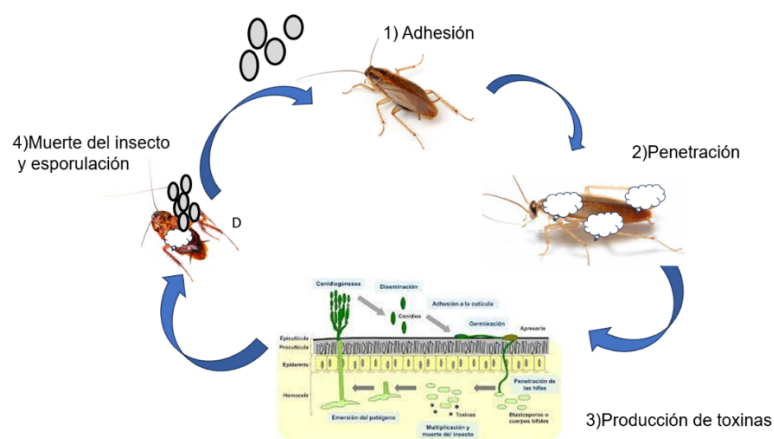
317 6.5 Ciclo infectivo

318

319 Los hongos entomopatógenos son de gran importancia en el control biológico
320 por su capacidad natural para regular las poblaciones de insectos (10), pueden
321 infectar a un amplio rango de insectos, sin embargo, cada especie generalmente
322 depende de la susceptibilidad del hospedero o de la asociación patógeno-
323 hospedero (7).

324 La principal vía de infección implica la penetración a través de la cutícula, la
325 Figura 7 muestra el proceso de infección de los hongos entomopatógenos sobre los
326 insectos.

327



328

329

Figura 5. Ciclo infectivo de Hongos entomopatógenos en cucarachas.(44).

330 1. Adhesión

331 La adhesión es el inicio del proceso de infección de la cucaracha, se inicia
332 cuando la espora del hongo tiene contacto con el insecto hospedero, el principal
333 sitio de penetración del hongo es la cutícula, su estructura está conformada por dos
334 capas: la epicutícula y la procutícula, la primera compuesta principalmente por
335 ácidos grasos, lípidos y esteroides y la segunda está compuesta por quitina que le
336 proporciona al cuerpo del insecto resistencia y protección estructural (18).

337 2. Penetración

338 Los haustorios son estructuras que surgen de las hifas intercelulares también
339 conocidas como apresorio, mediante el cual romperá las membranas de la cutícula
340 del insecto, facilitando la invasión del hongo.

341 3. Crecimiento del hongo

342 En esta etapa el hongo empezará a tener una transición de crecimiento de
343 hifas filamentosas a la formación de pequeños cuerpos de hifas con paredes
344 delgadas. Esta formación celular empezará a adquirir nutrientes y evitará la
345 respuesta inmune, y así se favorecerá el crecimiento del hongo hasta invadir los
346 órganos de los tejidos del huésped (20).

347 4. Muerte del insecto

348 Tras la muerte del insecto, inicia la fase saprofita, en donde el hongo se
349 aprovechará de los tejidos en descomposición del insecto para su
350 multiplicación, crecimiento y reproducción.

351 5. Multiplicación y crecimiento

352 Por último, cuando las condiciones de humedad y temperatura son las
353 adecuadas, las hifas del hongo emergen nuevamente al exterior del cadáver del
354 insecto, donde esporula (Figura 8) (45).



355

356

Figura 6. Cucaracha parasitada por *Metarhizium anisopliae*(46).

357 **6.6 Revisión Sistemática**

358

359 El avance científico en constante crecimiento y la difusión de la información
360 por medio del internet han ampliado la disponibilidad de información y los datos
361 almacenados a través de diversas fuentes.

362 Las revisiones sistemáticas son útiles al ofrecer una síntesis del estado del
363 conocimiento en un área determinada (47). Son esenciales en situaciones de
364 incertidumbre científica, cuando hay discrepancia en múltiples estudios primarios
365 (48). Sin embargo, tienen limitaciones tales como: la falta de coincidencia en
366 términos utilizados, escasez de herramientas automatizadas y riesgo de sesgo
367 hacia bases de datos específicas (49).

368 Existen dos tipos de revisiones: las revisiones sistemáticas (RS) y no
369 sistemáticas (NS), la primera posee un protocolo o conjunto de pasos que el
370 investigador sigue para actualizar el tópico de interés, es decir, determina una
371 estrategia para la búsqueda bibliográfica y señala como se hizo la selección de
372 estudios a ser incluidos en la revisión y/o que métodos se usaron para determinar
373 su validez (50).

374 Dentro de las RS se encuentran a los análisis cuantitativos como el
375 metaanálisis que utiliza un análisis estadístico para integrar hallazgos de estudios
376 individuales y cualitativos como el overview (revisión general o resumen), para
377 combinar resultados de estudios similares (51).

378 De acuerdo con Grant & Booth, se han identificado 14 tipos de revisión
379 sistemática, de los que se menciona: revisión crítica, revisión de literatura, revisión
380 de mapeo, revisión de métodos mixtos, revisión descriptiva, revisión sistemática
381 cualitativa, revisión rápida, metaanálisis, revisión del estado del arte, revisión
382 sistemática, revisión sistematizada, revisión paraguas, revisión de búsqueda y
383 revisión sistemática exploratoria (52).

384 En cuanto a los trabajos de revisión sistemática en el ámbito del control
385 biológico para el control de plagas, se han hecho pocas intervenciones y
386 publicaciones, por ello es un tema de gran interés para muchos investigadores o
387 interesados en el tema. Estas revisiones tienen enfoques basados en
388 descubrimientos recientes sobre mico insecticidas, dando una visión más clara para
389 futuras investigaciones (39,53).

390 Sharma & Sharma, realizaron una revisión sistemática, en la que presentan
391 un recopilado de información histórica de acuerdo con el uso de organismos
392 fúngicos como biopesticidas, mencionando los enfoques de control biológico, la
393 clasificación de hongos entomopatógenos, procesos de infección, el papel que
394 tienen en la naturaleza y el escenario actual de los insecticidas(19).

395 En cuanto a las investigaciones que analizan los patrones generales de las
396 interacciones entre las plagas de insectos y los EPF (entomopatógenos fúngicos),
397 se ha llegado a la conclusión de que el mecanismo actual de la patogénesis fúngica
398 en insectos es moderadamente lento y es importante comprender las interacciones

399 entre los entomopatógenos y los insectos plaga, ya que estas interacciones son
400 fundamentales para determinar la patogenicidad y la propagación de la enfermedad,
401 siendo la única limitación en su uso, las condiciones específicas de humedad. Por
402 lo que, el desarrollar nuevas formulaciones orgánicas/biológicas mediante la mejora
403 de cepas fúngicas, podría mejorar la adecuación de estos organismos en
404 aplicaciones en campo.

405 Pan & Zhang, 2020 Zhang hicieron una revisión sistemática enfocada en los
406 avances del control biológico usados en la cucaracha alemana, en la que se
407 incorporan criterios de selección de los siguientes organismos: bacterias
408 entomopatógenas, virus, enemigos naturales, hongos entomopatógenos,
409 nematodos y sustancias derivadas de las plantas. Cada organismo se describe para
410 correlacionar la mortalidad de la cucaracha alemana, la síntesis de la información
411 pone en perspectiva las limitaciones en el control biológico, un sentido realista
412 respecto a su uso en campo, además de sus puntos de vista para debatir y plantear
413 nuevas ideas en torno a estos agentes de control (1).

414 Motta-Delgado & Murcia-Ordoñez realizaron un artículo de revisión, enfocado
415 en la patogenicidad de los hongos entomopatógenos de mayor utilización sobre el
416 control de plagas y enfermedades, tanto de plagas como de animales, en la revisión
417 describen los mecanismos de acción de los hongos entomopatógenos sobre su
418 hospedero para generar la invasión, enfermedad y muerte del insecto a partir de los
419 estudios y ensayos realizados desde 1981 hasta el año 2010 (9).

420 Como mencionan los autores, mediante la revisión de fuentes bibliográficas
421 científicas se puede trazar la ruta la epidemiológica de los hongos
422 entomopatógenos, teniendo en cuenta principalmente la patogenicidad a diferentes
423 temperaturas y humedades relativas, en diferentes preparados comerciales o
424 experimentales para la aplicación en campo.

425 Así como las anteriores revisiones sistemáticas, en este trabajo se llevará a
426 cabo una revisión sistemática cualitativa, sobre el uso de hongos entomopatógenos
427 en el control de la cucaracha alemana. Existe un interés en recopilar información
428 sistemática y objetiva de la evidencia que existe de estudios realizados sobre este
429 tema, proporcionando una visión personal para los interesados en el tema.

430

431

432

433

434

435

436

437 **6.7 Manual de Cochrane de revisiones sistemáticas de**
438 **intervenciones**
439

440 El manual Cochrane de revisiones sistemáticas de intervenciones, sirve de
441 guía a los autores en el proceso de preparación y mantenimiento de una revisión
442 sistemáticas sobre intervenciones (incluidas las revisiones globales u overviews de
443 revisiones)(54).

444 El manual proporciona directrices detalladas para la preparación y
445 mantenimiento de revisiones sistemáticas, asegurando que se sigan métodos
446 rigurosos y estandarizados. Está dividido en varias partes desde la formulación de
447 la pregunta de investigación hasta la interpretación y presentación de los resultados.
448 Es utilizado por investigadores y profesionales de la salud para realizar revisiones
449 sistemáticas que informen decisiones clínicas y políticas de salud basadas en
450 evidencia científica ((55,56).

451

452 **6.8 Declaración PRISMA**
453

454 La declaración PRISMA publicada en 2009 (Preferred Reporting Items for
455 Systematic review and Meta-Analyses) es una guía esencial para llevar a cabo una
456 revisión sistemática, ayuda a los autores de revisiones sistemáticas a mejorar la
457 presentación de sus informes (57).

458 En 2020, la declaración PRISMA fue actualizada para reflejar los avances en
459 los métodos para identificar, seleccionar, evaluar y sintetizar estudios. Los ítems de
460 la declaración PRISMA 2020 son relevantes para los métodos mixtos (que incluyen
461 estudios cuantitativos y cualitativos).

462 Esta también propone que una revisión sistemática debe comenzar con la
463 formulación de una pregunta y a partir de ella establecer los métodos explícitos en
464 cada etapa del proceso de búsqueda. Este se complementa con los elementos que
465 deben ser considerados en la revisión de acuerdo con la pregunta formulada.

466 La lista de verificación PRISMA 2020, se compone de 27 ítems, los cuales
467 se indican en la tabla 3.

468 En las revisiones sistemáticas se incluye un diagrama de flujo (Figura 9) que
469 muestra los procedimientos básicos utilizados en la revisión y el proceso de cribado
470 de selección de estudios. Este diagrama de flujo tiene como objetivo facilitar al lector
471 la comprensión rápida del proceso de revisión y la selección de estudios durante el
472 proceso de revisión.

Tabla 2. Lista de verificación PRISMA 2020 (47).

Tipo	Numero	Ítem
Título	1	Identificar como revisión sistemática, metaanálisis o ambos
Resumen	2	El resumen debe incluir: antecedentes, objetivos, criterios de elegibilidad de los estudios, participantes e intervenciones; evaluación de los estudios y método de síntesis; resultados; limitaciones; conclusiones e implicaciones de los hallazgos principales.
Introducción Justificación Objetivos	3	Describir la justificación de la revisión en el contexto de lo que ya se conoce sobre el tema.
	4	Planear de forma explícita las preguntas que se desea contestar en relación con los participantes, las intervenciones, las comparaciones, los resultados y el diseño de los estudios (preguntas PICO).
Métodos Protocolo y registro	5	Indicar si existe un protocolo de revisión al que se pueda acceder (dirección web) y, si está disponible, la información sobre el registro, incluyendo su número de registro.
Criterios de elegibilidad	6	Especificar las características de los estudios (ej. PICOS) y las características del informe utilizadas (por eje: años abarcados, idiomas o estatus de publicación) utilizadas como criterios de elegibilidad.
Fuentes de información	7	Describir todas las fuentes de información (por eje: base de datos y periodo de búsqueda, etc.) en la búsqueda y la fecha de la última búsqueda realizada.
Búsqueda	8	Presentar la estrategia completa de búsqueda electrónica en, al menos, una base de datos, incluyendo los límites utilizados, de tal forma que pueda ser reproducible.

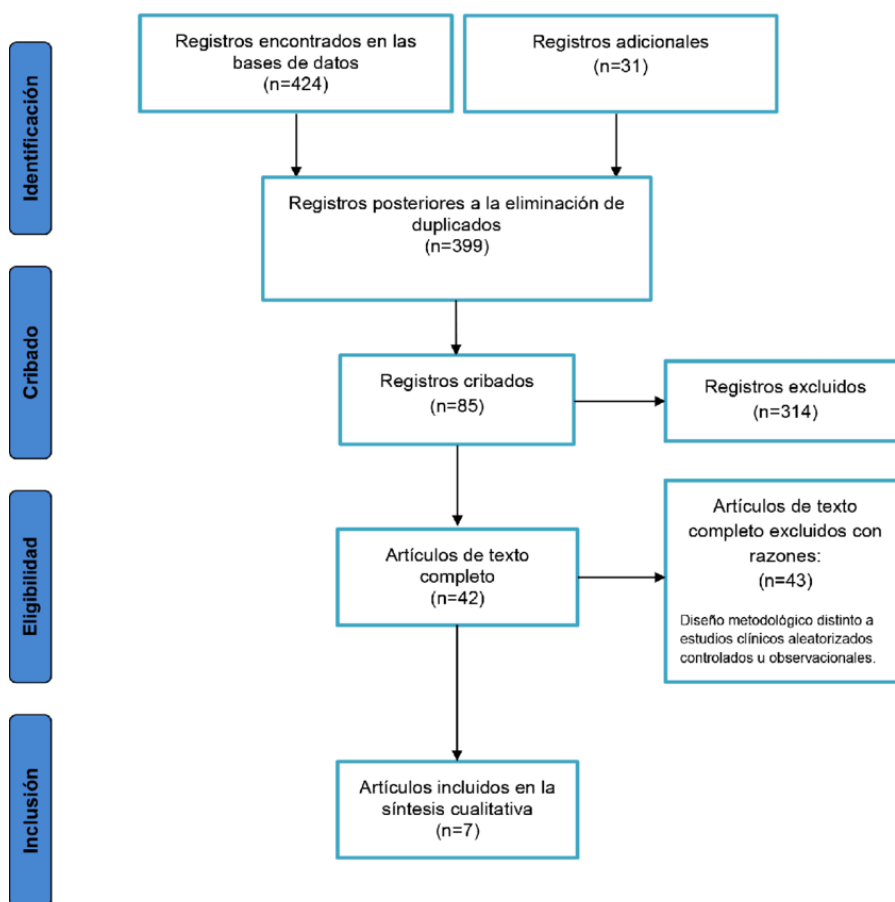
Tipo	Numero	Ítem
Selección de los estudios	8	Especificar el proceso de selección de los estudios (por ej., el cribado y la elegibilidad incluidos en la revisión sistemática y, cuando se a pertinente, incluido en el metaanálisis).
Proceso de extracción de datos	10	Describir los métodos para la extracción de datos de la publicación (por ej., formularios pilotados, por duplicado y de forma independiente) y cualquier proceso para obtener y confirmar datos por parte de los investigadores.
Lista de datos	11	Listar y definir todas las variables para las que se buscaron datos (por ej. PICOS) y cualquier asunción y simplificación que se haya hecho.
Riesgo de sesgo en los estudios individuales	12	Describir los métodos utilizados para evaluar el riesgo de sesgo en los estudios individuales (especificar si se realizó al nivel de los estudios o de los resultados) y como esta información se ha utilizados en la síntesis de datos.
Medidas de resumen	13	Especificar las principales medidas de resumen (por ej. Razón de riesgos o diferencia de medias)
Síntesis de resultados	14	Describir los métodos para manejar los datos y combinar resultados de los estudios, cuando esto es posible, incluyendo medidas de consistencia (por ej. Item2) para cada análisis
Riesgo de sesgo entre los estudios	15	Especificar cualquier evaluación del riesgo de sesgo que pueda afectar la evidencia acumulativa (por ej. Sesgo de publicación o comunicación selectiva)
Análisis adicionales	16	Describir los métodos adicionales de análisis (por ej. Análisis de sensibilidad o de subgrupos, meta regresión), en el caso de que se hiciera, indicar cuales fueron preespecificados.

Tipo	Numero	Ítem
Resultados Selección de estudios	17	Facilitar el número de estudios cribados, evaluados para su elegibilidad e incluidos en la revisión, y detallar las razones para su exclusión en cada etapa, idealmente mediante un diagrama de flujo.
Características de los estudios	18	Para cada estudio presentar las características para las que se extrajeron los datos (por ej., el tamaño, PICOS, y duración del seguimiento) y proporcionar las citas bibliográficas.
Riesgo de sesgos en los estudios	19	Presentar datos sobre el riesgo de sesgo en cada estudio y, si está disponible, cualquier evaluación del sesgo en los resultados (ítem 12).
Resultados de los estudios individuales	20	Para cada resultado considerado en cada estudio (beneficios o daños), presentar: a) el dato resumen para cada grupo de intervención y b) la estimación del efecto con su intervalo de confianza, idealmente de forma gráfica mediante un diagrama de bosque (<i>forest plot</i>).
Síntesis de los resultados	21	Presentar los resultados de todos los metaanálisis realizados, incluyendo los intervalos de confianza y las medidas de consistencia.
	22	Presentar los resultados de cualquier evaluación del riesgo de sesgo entre los estudios (ítem 15).
	23	Facilitar los resultados de cualquier análisis adicional, en el caso de que se hayan realizado (por ej., análisis de sensibilidad o de subgrupos, meta regresión [ítem 16]).
Discusión Resumen de la evidencia	24	Resumir los hallazgos principales, incluyendo la fortaleza de las evidencias para cada resultado principal; considerar su relevancia para grupos clave.

Tipo	Numero	Ítem
	25	Discutir las limitaciones de los estudios y de los resultados (por eje. Riesgo de sesgo) y de la revisión (por ej. Obtención incompleta de los estudios identificados o comunicación selectiva)
	26	Proporcionar una interpretación general de los resultados en el contexto de otras evidencias, así como las implementaciones para la futura investigación.

474

475



476

477

478

Figura 9. Diagrama de Flujo PRISMA para la revisión sistemática (47).

479 **6.9 Herramientas para el cribado y organización de artículos**

480

481 La aparición de la inteligencia artificial (IA) ha ofrecido nuevas herramientas
482 para buscar, redactar y mejorar la calidad de los artículos científicos. Con el uso de
483 algoritmos, la IA puede identificar y evaluar grandes cantidades de la literatura
484 académica, facilitando a los investigadores la obtención de fuentes de información.
485 En esta revisión sistemática, se emplearon dos herramientas basadas en
486 inteligencia artificial, rayyan se usó para el cribado de artículos repetidos
487 identificados en los artículos seleccionados e historiales de búsqueda y
488 Researchrabbit para la organización de artículos científicos.

489

490 **6.9.1 Rayyan**

491

492 Rayyan es una plataforma en línea que usa inteligencia artificial
493 especializada en los procesos de revisión de artículos, permitiendo a los
494 investigadores efectuar revisiones sistemáticas de manera colectiva con otros
495 colaboradores.

496 Una de sus características importantes es la posibilidad de importar
497 búsquedas en formatos XML para Pubmed, CSV y otros formatos, lo que facilita el
498 proceso de revisión.

499 Cuando se trata de cribar artículos repetidos, rayyan ofrece herramientas
500 avanzadas, entre las que destacan:

501 1.- La detección de duplicados: utiliza algoritmos de inteligencia artificial para
502 detectar posibles duplicados entre los artículos importados

503 2.-Cribado de texto completo: Una vez seleccionados los artículos
504 relevantes, se puede acceder al texto completo y evaluar si cumple con los criterios
505 de inclusión (58).

506

507

508

509

510

511

512

513

514 **6.9.2 ResearchRabbit**

515

516 ResearchRabbit, es una herramienta que tiene sus orígenes en el año 2021,
517 esta usa inteligencia artificial para ayudar a los usuarios en la automatización de su
518 proceso de revisión bibliográfica, permite visualizar la red académica de artículos y
519 coautorías en gráficos de modo que los usuarios puedan seguir el trabajo de un solo
520 tema o autor y profundizar en su investigación (59).

521 Además, se ofrecen otras funciones, como resumen de artículos, extracción
522 de palabras clave, análisis de citas. La herramienta también se vincula con
523 programas de gestión de referencias como Zotero y Mendeley, permitiendo al
524 usuario organizar y citar fácilmente sus referencias.

525 Esta herramienta ha cobrado gran importancia ya que provee resultados
526 precisos en tiempos reducidos, es así que se ha considerado fundamental en
527 revisiones sistemáticas en temas de tesis (60), herramientas para potenciar la
528 investigación académica (61), del área médica (62,63) entre otras.

529 La inteligencia artificial tiene el potencial de mejorar la transparencia y
530 productividad científica, haciendo de la investigación una tarea más sencilla y
531 teniendo resultados más acertados.

532

533 **7. Metodología**

534

535 En la presente revisión sistemática, cada actividad del proceso de revisión se
536 llevó a cabo de acuerdo con los componentes descritos en la tabla 4 tomadas del
537 manual Cochrane para revisiones sistemáticas de intervenciones (54) y anotaciones
538 para una revisión sistemática(64) que básicamente se compone de 6 fases:

539 1) Preguntas de investigación (PICO)

540 2) Criterios de elegibilidad

541 3) Estrategia de búsqueda

542 4) Selección

543 5) Selección final

544 6) Redacción.

545 Además, se siguieron las directrices de la declaración PRISMA 2020
546 (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses) para la
547 presentación de informes de la revisión sistemática. Al seguir esta metodología se
548 asegura que la revisión sea comprensible y reproducible para otros investigadores,
549 aumentando así la confiabilidad y validez de los resultados obtenidos (65).

550

Tabla 3. Componentes del proceso de revisión sistemática.

No.	Componente	Descripción
1	Preguntas PICO	<p>El primer paso del proceso de revisión consiste en definir la pregunta de investigación de manera clara, bien formulada y enfocada. Esta pregunta debe plasmar todos los elementos de la investigación. Los elementos de estas preguntas se definen a continuación.</p> <p>P: Población o problema.</p> <p>I/E: Intervención sobre la población.</p> <p>C: Comparación de los métodos empleados en el tratamiento de la población.</p> <p>O: Desenlace o efecto causado sobre la población de estudio.</p> <p>Este planteamiento facilitará la aplicación de conceptos clave para su búsqueda</p> <p>A partir de la pregunta PICO se deduce y elaboran el título, los objetivos, las palabras clave y los criterios de inclusión(66).</p>
2	Criterios o Variables de Elegibilidad	<p>Las preguntas PICO sirven como base para establecer criterios de elegibilidad en la revisión, definiendo los parámetros de inclusión y exclusión de los artículos. Estos criterios son fundamentales para delimitar el alcance de la revisión y determinar que estudios serán considerados. Generalmente se pone como un párrafo o una tabla, dentro de la sección de métodos de la revisión sistemática (64).</p>

No.	Componente	Descripción
3	Estrategias de búsqueda	<p>La búsqueda debe realizarse en diferentes bases de datos confiables y acordes al área de investigación estableciendo estrategias de búsqueda en combinación con palabras clave y operadores boléanos, estos últimos son operadores lógicos utilizados en programación y bases de datos para realizar operaciones de comparación entre valores, los más comunes son: AND, OR y NOT (67).</p> <p>Las fechas, buscadores y resultados usados en la búsqueda deben registrarse en una hoja de cálculo para tener un historial de búsqueda(64).</p>
4	Selección de artículos	<p>La selección de artículos se realizó conforme a los criterios de inclusión establecidos, por ejemplo, (población, tipos de investigación, comparaciones, resultados), la selección de los artículos debe cumplir con las directrices de la metodología PRISMA.</p> <p>El proceso de selección comprende dos pasos, estos son (64):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Selección del artículo conforme a su título y su resumen. 2. Revisión del texto completo y en caso de exclusión debe realizarse la justificación por tal acción. <p>Para el cribado de datos, se utilizaron programas para eliminar artículos duplicados, artículos que no cumplían con los criterios de inclusión y exclusión y a realizar la extracción de los datos. En este trabajo se usaron las plataformas que usan Inteligencia artificial anteriormente mencionadas; rayyan, para la detección de artículos duplicados y ResearchRabbit para organizar y ver la relación entre los artículos seleccionados.</p> <p>Rayyan es una plataforma que emplea inteligencia artificial realizando el cribado de artículos que estén repetidos según el historial de búsqueda de las bases de datos, utilizando algoritmos de aprendizaje automático para predecir la relevancia de los artículos según los criterios definidos por el usuario (58).</p> <p>ResearchRabbit usa inteligencia artificial para ayudar a los usuarios a automatizar su proceso de revisión bibliográfica, permite visualizar la red académica de artículos y coautorías en gráficos de modo que los usuarios puedan seguir el trabajo de un solo tema o autor y profundizar en su investigación (59).</p>

No.	Componente	Descripción
5	Selección final de artículos	Los resultados y la discusión se construirán sobre los estudios seleccionados para el análisis. En esta sección se coloca el diagrama PRISMA para visualizar el proceso de selección de estudios, evaluando el riesgo de sesgo para cada trabajo incluido en la revisión.
6	Redacción de informe de investigación	La redacción del informe de investigación se realiza progresivamente a medida que se avanza en su desarrollo.

552

553

554 7.1 Preguntas PICO

555

556 De acuerdo con los intereses y al componente 1 de la revisión sistemática se
557 establecieron los criterios descritos en la tabla 4 para elaboración de la pregunta
558 PICO.

559 La pregunta de investigación resultante de los criterios dados en la tabla 5
560 es:

561 *¿Los hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana* y *Metarhizium**
562 **anisopliae* aplicados en la cucaracha alemana a través de diversos métodos tienen*
563 *una alta efectividad biológica para su erradicación en entornos urbanos en*
564 *comparación con los insecticidas químicos?*

565

566 **Tabla 4.** Componentes PICO enfocado a la pregunta.

Componente	Descripción
P	Cucaracha alemana (<i>Blattella germanica</i>)
I/E	Hongos entomopatógenos <i>Beauveria bassiana</i> y <i>Metarhizium anisopliae</i>
C	Métodos de aplicación
O	Efectividad biológica en entornos urbanos

567

568 Los principales temas que se consultarán en las bases de datos de carácter
569 científico harán referencia a aquellos que resuelvan los criterios descritos en la
570 pregunta PICO, estos son:

571

- 572 • Tasa de mortalidad de las cucarachas expuestas a los hongos
573 entomopatógenos
- 574 • Métodos de control y mecanismos de aplicación de los hongos
575 entomopatógenos
- 576 • Evaluación de la efectividad biológica de los hongos entomopatógenos en
577 entornos urbanos
- 578 • Preparación y grado de patogenicidad que presentan las especies de hongos
579 entomopatógenos *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* bajo
580 condiciones específicas
- 581 • Comparación de la efectividad en el control de la plaga de la cucaracha
582 alemana de los hongos entomopatógenos con insecticidas químicos

583

584 **7.2 Criterios de elegibilidad**

585

586 **7.2.1 Criterios de inclusión**

587 En este Ítem se presentan los criterios de inclusión de los trabajos de
588 investigación basados en los siguientes puntos.

- 589 1. Estudios que realicen la comparación de los efectos de *Beauveria bassiana*
590 y/o *Metarhizium anisopliae* como principales agentes de control de la plaga
591 de *Blatella Germanica*.
- 592 2. Uso de *Beauveria bassiana* y/o *Metarhizium anisopliae* en combinación con
593 otros agentes auxiliares en el combate de *Blatella Germánica*.
- 594 3. Artículos científicos publicados del 2000 al 2024.
- 595 4. Artículos publicados en inglés debido a su reconocimiento como idioma
596 universal en la comunidad científica.
- 597 5. Artículos que describan los métodos de aplicación de los hongos
598 entomopatógenos ya mencionados, incluyendo dosificación y técnicas de
599 aplicación.
- 600 6. Artículos que analicen la viabilidad y eficacia de incorporar *Beauveria*
601 *bassiana* y/o *Metarhizium anisopliae* en planes integrados para el control de
602 plagas en zonas urbanas.
- 603 7. Estudios dónde se evalúe la efectividad biológica de *Beuveria Bassiana* y/o
604 *Metarhizium anisopliae*.

605

606 **7.2.2 Criterios de exclusión**

607

608 Los criterios de exclusión se establecen conforme a temas que no ayuden a
609 resolver la pregunta de investigación (PICO) dichos criterios son:

610

- 611 1. Artículos que no se relacionen con el uso de hongos entomopatógenos
612 *Beauveria bassiana* y *Metarhizium* en el combate de la cucaracha alemana
- 613 2. Documentos no publicados en texto completo, estudios con otros insectos,
614 no relevantes con los criterios inclusión de esta revisión
- 615 3. Artículos que no mencionen las afectaciones de *Beauveria bassiana* y
616 *Metarhizium anisopliae* sobre la salud del ser humano
- 617 4. Artículos publicados en revistas que no sean de la especialidad biomédica y
618 biotecnológica o sus derivadas
- 619 5. Artículos publicados antes del 2000

620

621

622 **7.3 Estrategia de Búsqueda**

623 Con el propósito de obtener resultados precisos en las bases de datos,
 624 Pubmed, Google Scholar y ESBSCO se utilizaron términos booleanos, siendo
 625 AND, OR y NOT los 3 principales, adicionalmente se usaron técnicas o émbolos
 626 adicionales que ayudaron a refinar las búsquedas en combinación con los
 627 operadores booleanos para mejorar la precisión de las búsquedas, tales como
 628 paréntesis, comillas y otros específicos de motores de búsqueda (tabla 6).

629 Estos operadores booleanos se utilizaron en combinación con palabras clave
 630 tomadas de los términos de inclusión, además en cada base de datos se aplicaron
 631 filtros para limitar los resultados como: fecha de publicación (2000-2024), tipo de
 632 documento (artículos de investigación) y en idioma inglés. Esto ayudó a que la
 633 búsqueda se enfocara en artículos específicos y relevantes al tema de interés.

634

635 *Tabla 5. Operadores booleanos y técnicas de refinamiento.*

Operador booleano	Descripción	Ejemplo
AND	Este operador se utiliza para combinar dos o más términos de manera que ambos sean incluidos	Ej. Cucaracha AND resistencia, se obtendrán resultados que mencionen ambos términos.
OR	Este operador se utiliza para combinar dos términos y ampliar la búsqueda.	Ej. <i>Beauveria bassiana</i> OR <i>Metarhizium anisopliae</i> , se obtendrán resultados que mencionen cualquiera de los dos términos.
NOT	Este operador excluye un término de los resultados.	Ej. Vacunas NOT efectos secundarios, se obtendrán artículos sobre vacunas, pero sin información sobre efectos secundarios
Técnicas de refinamiento		
Paréntesis	Agrupar términos y operadores.	Ej 1: (cucaracha AND control) OR (insecticida AND resistencia) Ej2 ⊕ (“ <i>Beauveria Bassiana</i> ”) OR (“ <i>Metarhizium anisopliae</i> ”)
Comillas	Busca una palabra clave exacta.	“cucaracha alemana”
Guión(-)	Excluye términos de la búsqueda (similar a NOT).	Cucaracha -resistencia
intitle	Para buscar artículos con ese término en el título.	Intitle:”manejo de plagas”

636

637 Las estrategias de búsqueda que se siguieron en cada base de datos fueron
 638 las siguientes, tabla 7.

639

640 **Tabla 6.** Estrategias de búsqueda para cada base de datos.

Base de datos	Búsqueda	Estrategia de Búsqueda
PubMed	1	("Beauveria Bassiana") OR ("Metarhizium anisopliae") AND "Blattella germanica" AND ("2000/01/01"[Date – Publication] : "3000"[Date – Publication])
	2	"Beauveria bassiana" OR "Metarhizium anisopliae" AND "Blattella germanica" AND "mortality" AND ("2000/01/01"[Date – Publication] : "3000"[Date – Publication]) NOT (intestinal flora)
Google Académico	1	intitle⊕"Beauveria bassiana" OR "Metarhizium anisopliae") AND ("Blattella germanica" OR German Cockroach) AND "mortality" AND "application" AND 2000..2024
	2	("Toxicity of entomopathogenic fungi" OR "Beauveria bassiana" OR "Metarhizium anisopliae") AND "German Cockroach" NOT (Periplaneta americana)
ESBCO	1	("Blattella germanica" OR "German Cockroach") AND "Beauveria bassiana" AND "Metarhizium anisopliae" AND "combined" AND (date:[2000-01-01 TO 2024-12-31]) - other_insect_name1 -other_insect_name2
	2	("Blattella germanica" OR "Blatella germanica") AND "Beauveria bassiana" AND "Metarhizium anisopliae" -other_insect_name1 - other_insect_name2

641

642 7.4 Fuentes de información

643

644 Las fuentes de información usadas en este trabajo fueron bases de datos
 645 específicas del área biomédica y ciencias de la vida para que la búsqueda de la
 646 información fuera optimizada, todas ellas se enlistan y describen brevemente a
 647 continuación.

648

649 **7.4.1 Búsqueda de artículos en PubMed**

650

651 PubMed(<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>) es un recurso gratuito útil en la
652 búsqueda y la recuperación de literatura biomédica y de ciencias biológicas con el
653 objetivo de mejorar la salud, contiene más de 37 millones de citas y resúmenes de
654 literatura biomédica (6).

655 Los registros de PubMed contienen información de citas (por ejemplo, título,
656 autores, revista, fecha de publicación) y resúmenes de artículos y libros publicados.
657 Los resultados de búsqueda de PubMed no incluyen el texto completo del artículo
658 de la revista, pero la vista del resumen en PubMed incluye enlaces al texto completo
659 de otras fuentes cuando están disponibles, como el sitio web del editor o la base de
660 datos PubMed Central (PMC) (68).

661 El sitio de la revista en texto completo puede requerir una tarifa o suscripción;
662 sin embargo, las revistas en línea a veces brindan acceso gratuito, este puede ser
663 provisto a través de una organización o biblioteca médica local.

664 La interfaz de Pubmed se llama Entrez, proporciona un buscador en el cual
665 se realizan búsquedas avanzadas conforme a los criterios que se establezcan,
666 además permite agregar operadores booleanos para que los resultados obtenidos
667 sean de mayor especificidad. Adicionalmente el buscador de esta base de datos
668 tiene una pestaña en la que se puede seleccionar el campo de estudio de búsqueda
669 y un registro del historial de búsqueda, lo cual ayuda a no repetir términos o resumir
670 los resultados de la misma.

671 En la figura 10 se muestran las partes que conforman al buscador de
672 PubMed.

673

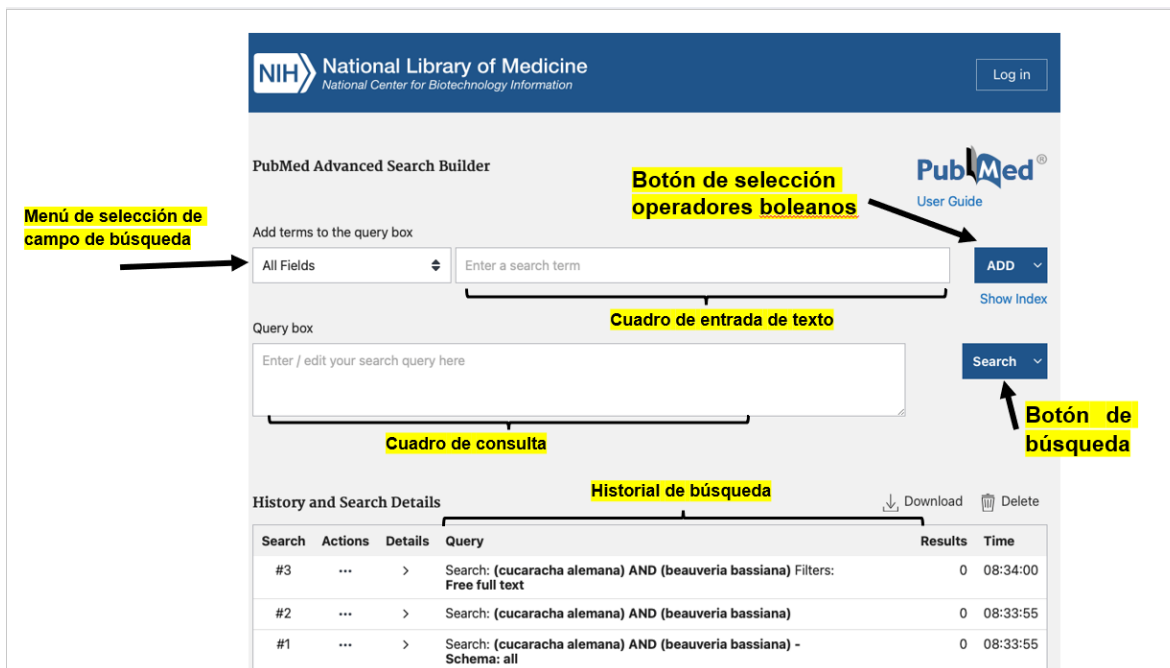


Figura 10. Buscador de PubMed.

674

675

676

677 En el gestor de búsqueda de PubMed cada parte indicada en la figura 10
678 tiene como objetivo las funciones que se describen a continuación.

679 Menú de selección del campo de búsqueda: Este botón ayuda al usuario a
680 elegir el campo de estudios que mejor describa los términos de búsqueda y
681 contenga las categorías específicas de la misma, estas pueden ser la revista, el
682 año, el volumen, el autor o tipo de publicación, intervalo de tiempo de publicaciones,
683 entre otras.

684 Cuadro de entrada de texto: En este espacio el usuario ingresa los términos
685 de búsqueda conforme a los intereses de su investigación.

686 Botón de selección de operadores booleanos: Este botón muestra al usuario
687 la selección la selección de 3 operadores booleanos, AND, OR y NOT.

688 Cuadro de consulta: En este apartado el usuario puede observar los términos
689 de búsqueda ingresados para su consulta una vez que se ha elegido el operador
690 booleano a utilizar.

691 Historial de búsqueda: En esta sección del buscador se muestran las
692 búsquedas, el número de resultados y el tiempo de las consultas que el usuario ha
693 realizado.

694 Una vez realizada la búsqueda, el sitio web muestra los resultados tal como
695 se muestra en la figura 11.

696

Barra de filtros

Resultados de búsqueda

697

698

Figura 7. Vista ejemplar de resultados de búsqueda en Pubmed.

699

700

En la ventana generada se pueden realizar nuevos filtros para ayudar a la selección adecuada de los resultados más aptos para la revisión sistemática. En la figura 12 se presentan todos los filtros adicionales que nos servirán para delimitar nuestras búsquedas. Por mencionar algunos de los más importantes, por ejemplo, en "Publication date", permite limitar los resultados a un rango de fechas específico, el filtro "Article type", sirve para filtrar resultados según el tipo de publicaciones, como revisiones sistemáticas, estudios clínicos, artículos de investigación entre otros.

708

TEXT AVAILABILITY

Abstract

Free full text

Full text

ARTICLE ATTRIBUTE

Associated data

ARTICLE TYPE

Books and Documents

Clinical Trial

Meta-Analysis

Randomized Controlled Trial

Review

Systematic Review

PUBLICATION DATE

1 year

5 years

10 years

Custom Range

Additional filters

Reset all filters

709

710

Figura 8. Filtros de búsqueda en PudMed.

711

712 **7.4.2 Búsqueda de artículos en EBSCO**

713

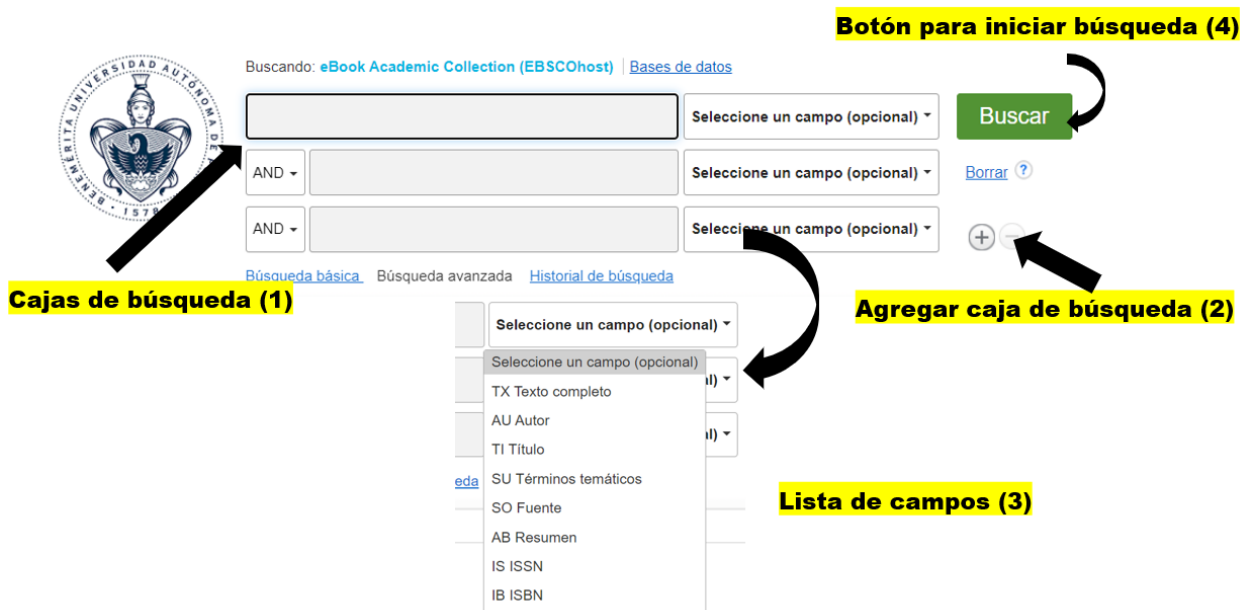
714 Es una plataforma intuitiva de investigación en línea, con bases de datos de
715 calidad y funciones de búsqueda, EBSCOHOST (<https://www.ebsco.com/es>) ayuda
716 a todo tipo de investigadores a encontrar rápidamente la información que necesitan.

717 Ofrece artículos de alta calidad con licencia de editores de renombre y
718 reconocidos por el sector bibliotecario.

719 La búsqueda se hizo desde el acceso de biblioteca BUAP, esta provee el
720 acceso directo a las bases de datos, mostrándonos un menú principal donde
721 encontraremos una ventana de búsqueda, las opciones de búsqueda y el historial.

722 En las búsquedas avanzadas se realiza la recuperación de información,
723 siguiendo una estrategia de acuerdo con los objetivos de la investigación, para ello
724 la búsqueda avanzada ayuda a trabajar con múltiples cajas de búsqueda (numero

725 1, Figura 13), para agregar más cajas de búsqueda le damos clic al signo + (numero
726 2, Figura 13).



727

728 **Figura 13.** Menú de Búsqueda avanzada desde el acceso en Biblioteca virtual BUAP para ESBSCO.

729

730 Además, permite el uso de operadores booleanos, cuya función es establecer
731 cadenas lógicas de recuperación de la información. En las cajas de la derecha el
732 usuario podrá establecer las palabras clave que sean recuperadas dentro de los
733 siguientes campos (numero 3 figura 10).

734

735 El usuario cuenta con opciones de búsqueda que le facilita alcanzar los
736 resultados deseados en las opciones de búsqueda mostradas en la figura 14.

Opciones de búsqueda Restablecer

Modos y ampliadores de búsqueda

Modos de búsqueda ?

- Booleano/Frase
- Buscar todos mis términos de búsqueda
- Buscar cualquiera de mis términos de búsqueda
- Búsqueda en SmartText [Sugerencia](#)

Aplicar palabras relacionadas

Buscar también dentro del texto completo de los artículos

Aplicar materias equivalentes

Limite sus resultados

Texto completo

Publicaciones académicas (arbitradas)

Fecha de publicación

Mes inicial Mes Año inicial — Mes final Año final

Vista rápida de imágenes

Hay referencias disponibles

Publicación

Tipos de Vista rápida de imágenes

- Fotografía en blanco y negro
- Fotografía en color
- Gráfico
- Mapa
- Tabla
- Diagrama
- Ilustración

737

738

Figura 14. Opciones de búsqueda de EBS.CO.

739

740 Cada base de datos tiene limitadores específicos (Figura15) para recuperar
741 los textos de interés a través de filtros tales como: tipo de documento, idioma, autor,
742 etc.

743

Limitadores especiales de eBook Academic Collection (EBSCOhost)

Descarga disponible

Titulo

Editor

ISBN

Autor

Materia

Idioma

- Todos
- Arabic
- Chinese
- Czech

Lexile Reading Level

- Todos
- 0 - 400
- 401 - 700
- 701 - 900

744

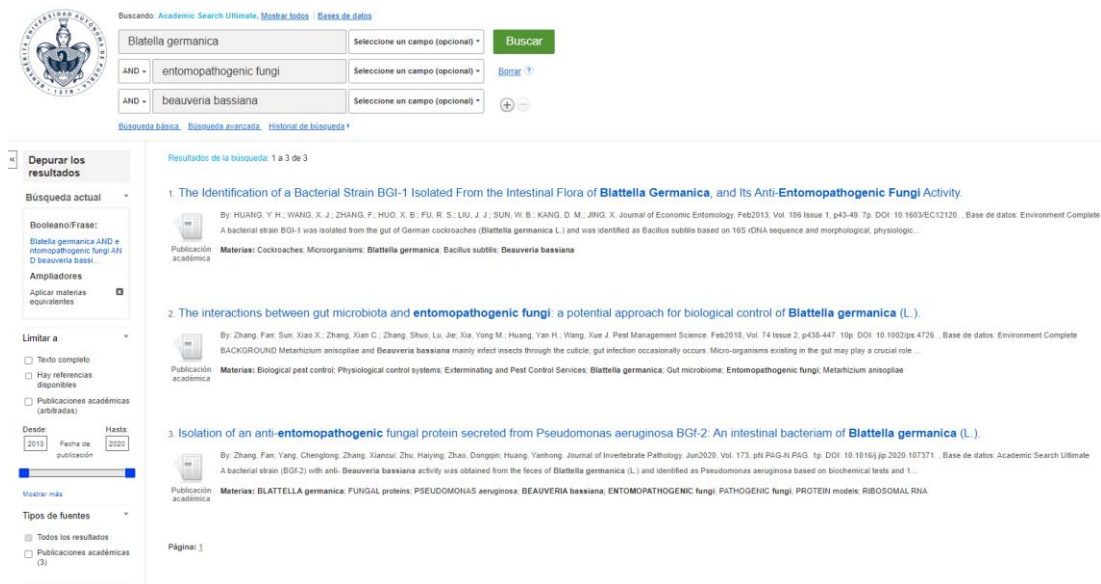
745

Figura 9. Limitadores específicos de EBS.CO.

746

747 Una vez que se establecieron los criterios de búsqueda, se da clic en el botón
748 de búsqueda (numero 4 Figura 16) se realiza el rastreo y una vez concluido se
749 mostraran los resultados e incluso se pueden hacer modificaciones a la
750 visualización de los resultados, para recurrir a la información que requiramos
751 podremos darle clic al título de alguno de los resultados (Figura 16).

752



753

754
755

Figura 10. Vista ejemplar de resultados de búsqueda en ESBSCO desde acceso en Biblioteca virtual BUAP.

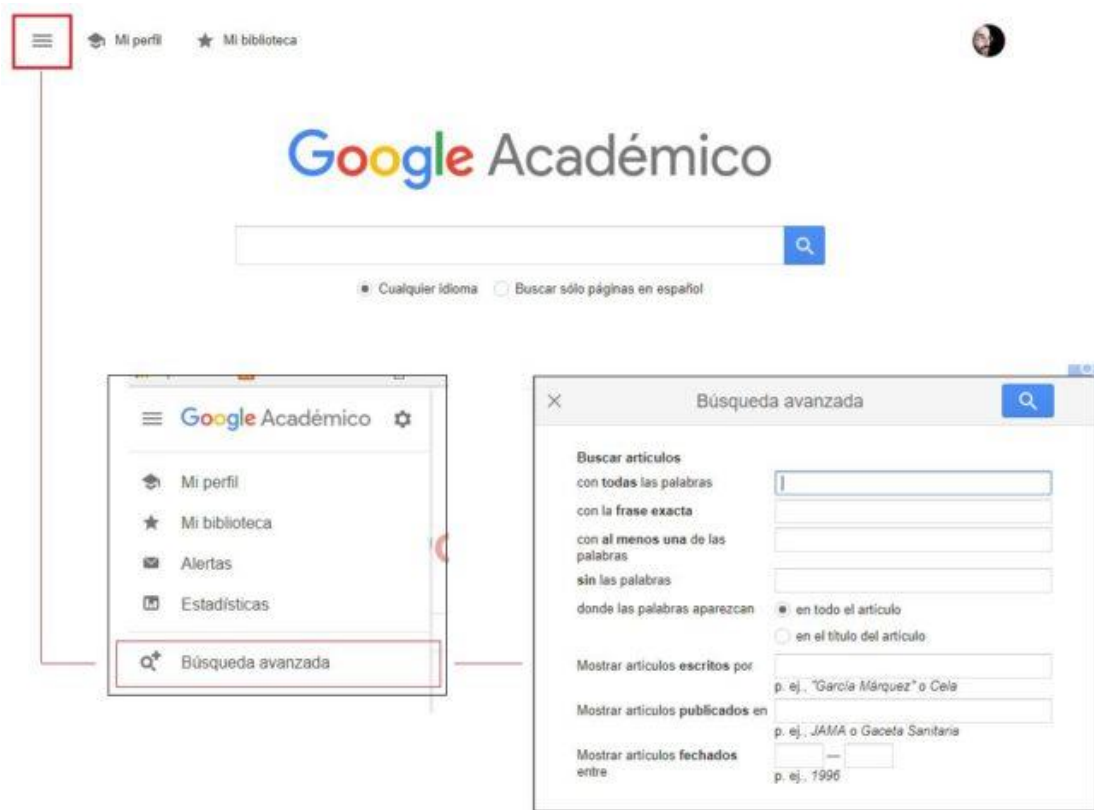
756

757 7.4.3 Búsqueda de artículos en Google académico

758 Google Scholar O Google Académico
759 (https://scholar.google.es/schhp?hl=es), es un buscador especializado en
760 documentos de carácter científico, cuenta con recursos, de bibliotecas, editoriales,
761 tesis, libros y revista científicas, además que proporciona medidas directas de
762 calidad e impacto.

763 Búsqueda avanzada en Google académico

764 El objetivo de hacer una búsqueda avanzada es reducir la cantidad de
765 resultados, obteniendo resultados más precisos y personalizados. Para hacerlo nos
766 dirigimos al menú desplegable, como se muestra en la Figura 17.



767

768

Figura 11. Ubicación y menú de búsqueda avanzada.

769

770 En el menú de búsqueda avanzada disponemos de limitadores específicos
771 mostrados en la Figura 18:

- 772
- 773
- 774
- 775
- 776
- 777
- 778
1. Realizar una búsqueda de artículos que contenga todas las palabras, una frase exacta, al menos unas de las palabras o excluyendo ciertas palabras.
 2. Encontrar recursos en los que las palabras aparezcan en todo el contenido o únicamente el título.
 3. Lista de artículos escritos por.
 4. Mostrar artículos escritos en.
 5. Lista de artículos dentro de un intervalo de fechas específico.

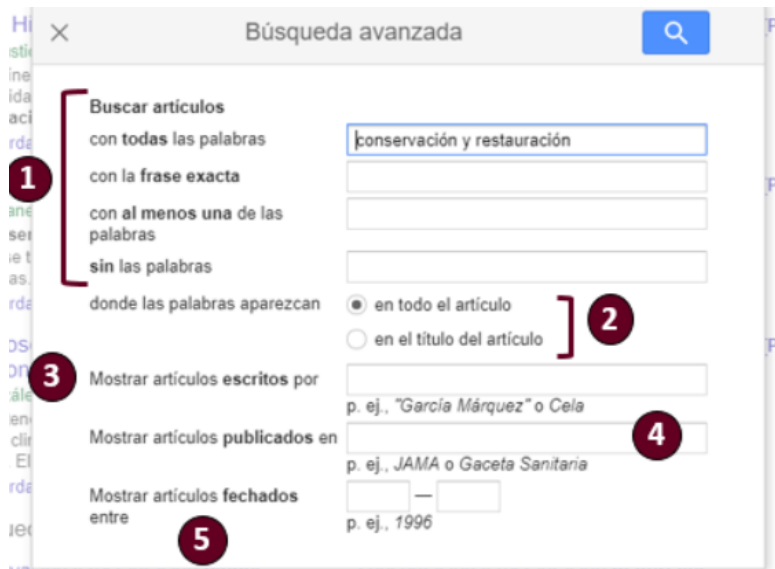


Figura 12. Menú búsqueda avanzada.

779

780

781

782 Este buscador nos da acceso completo al documento en cuestión o de lo
 783 contrario, un resumen, una reseña. Además, nos proporciona un enlace para
 784 conseguir el documento en otras fuentes como repositorios abiertos o sitios
 785 académicos alternativos (69).

786

7.5 Proceso de selección de los estudios

787

788

789 Se realizó la búsqueda de artículos utilizando los operadores booleanos y los
 790 filtros de búsqueda según los criterios de inclusión y exclusión. La elección de
 791 artículos por el título, resumen y relevancia se realizó siguiendo la guía de la lista
 792 de verificación con los criterios predefinidos (Tabla 1).

793

794 **Tabla 8.** Criterios de elección de artículos por título, resumen y relevancia.

Título	Resumen	Relevancia
Debe tener en el título las palabras clave: Cucaracha alemana (<i>Blatella germanica</i> o German cockroach).	El resumen debe de mencionar los criterios específicos: Población: que la población estudiada sea <i>Blatella germánica</i> .	Que el artículo sea publicado en alguna revista de ciencias de divulgación o sitio, la revista tenga un factor de impacto.
La investigación evalúa los hongos <i>Metarhizium</i> o	Intervención: Que la intervención o tratamiento	Alto índice de citación o que al menos haya sido citado.

<i>Beauveria bassiana</i> en la cucaracha alemana.	evaluado es relevante para el estudio.	
Indica el uso de algún componente (químico o biológico) en combinación con los hongos.	Descripción y conclusión de los resultados.	Disponible para su lectura.

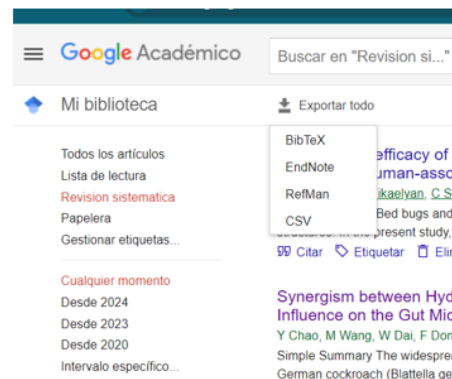
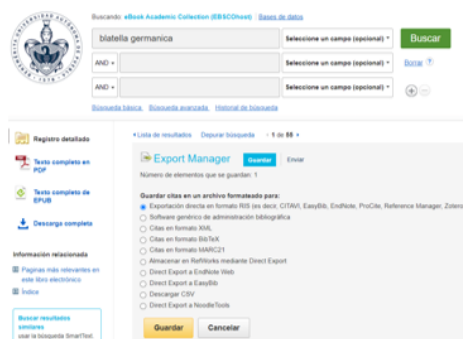
795

796 Después de obtener los resultados de búsqueda, se seleccionan los estudios
797 relevantes y/o se exportaron los resultados de las búsquedas en formato de texto
798 como RIS o XML, de acuerdo con la base de datos, para después ser exportados a
799 rayyan, mediante el siguiente proceso mostrado en la Figura 19 para EBSCO y
800 Google académico, y para descargar el historial de búsquedas mostrado en la
801 Figura 20 para Pubmed.

802

Para descargar artículos guardados y exportarlos en formatos de texto, puedes seguir estos pasos generales, aunque los detalles específicos pueden variar dependiendo del software o base de datos que estás utilizando :

- Acceder a tu cuenta:**
- Inicia sesión en la base de datos académica donde tienes guardados los artículos.
- Seleccionar los artículos:**
- Navega a la sección de "Artículos guardados" o "Mis artículos".
- Selecciona los artículos que deseas exportar.
- Exportar:**
- Busca una opción de "Exportar" o "Descargar".
- Selecciona el formato en el que deseas exportar los artículos (PDF, TXT, RIS, etc.).



803

EBSCO desde paginas bibliotecas BUAP

Google académico, exportación de biblioteca

804 **Figura 13. Exportación de artículos en EBSCO y Google académico.** En cada base de datos se crea
805 una biblioteca donde ubican los artículos seleccionados o guardados tras la revisión de título y
806 resumen, posteriormente, se pueden exportar los artículos en diversos formatos de texto
807 como:(Bibtec, CVS, RIS, EndNote, XML, REVMAN/RIS)

808

PubMed

Descarga del Historial de búsquedas

En [Pubmed](#), podemos descargar el historial de búsqueda para tener un registro de todas las consultas realizadas.

Eliminación de duplicados

Es necesario eliminar los duplicados entre las búsquedas entre las diferentes búsquedas para asegurar que los resultados sean únicos y relevantes.

The screenshot displays the PubMed Advanced Search Builder interface. At the top, there is a search bar with the text "Add terms to the query box" and a dropdown menu set to "All Fields". Below this is a "Query box" with the prompt "Enter / edit your search query here". A "Search" button is visible to the right. The "History and Search Details" section shows a table with one entry:

Search	Actions	Details	Query	Results	Time
#1	...	>	Search: ("Beauveria bassiana" OR "Metarhizium anisopliae") AND "Blattella germanica" AND ("2000/01/01"[Date - Publication] : "3000"[Date - Publication])	15	01:23:32

Below the table, there are buttons for "Download" and "Delete". A blue callout box points to the "Download" button with the text "Descargar historial de búsqueda". Another blue callout box points to the "Download" button with the text "Descarga en formato CVS". At the bottom, there is a "Save citation to file" section with a "Format:" dropdown menu. The dropdown menu is open, showing options: "Summary (text)", "PubMed", "PMID", "Abstract (text)", and "CSV". A blue callout box points to the "PubMed" option with the text "Descarga en formato CVS".

Descarga adicional de datos

Se descargan artículos directamente en formato de texto.

809

810

811

1. Cribado usando Rayyan

813

814

815

Una vez que se han descargado las referencias en el formato adecuado, se crea una cuenta en rayyan o se inicia sesión para acceder a todas las herramientas que ofrece esta plataforma.

816

Iniciar sesión y crear un proyecto

- 1.-Se hace una cuenta en la página y se inicia sesión
- 2.-Ingresa un título a la revisión y agregar una descripción.

2)

1)

The image shows two screenshots from the Rayyan platform. The left screenshot, labeled '1)', is the 'Set Up Your Account' page. It has a form with 'First Name' (Rayyan), 'Password', and 'Password Confirmation' fields. Below the form is a 'Confirm Account' button. The right screenshot, labeled '2)', is the 'New review...' page. It has a 'Title' field, a 'Research field' dropdown, a 'Review type' dropdown, a 'Review domain' dropdown, and a 'Description' text area. There is a 'Create' button at the bottom left.

817

818

Figura 21. Creación de cuenta y proyecto nuevo en rayyan.

819

820

Se cargan a la plataforma el archivo con las referencias y una vez completada emergerá un indicador en color verde, para continuar con el proceso se da clic en el botón continue.

821

822

823

Nueva búsqueda de Reseña: Revisión sistemática :Uso de Hongos entomopatogenos para el control de la cucaracha alemana

The image shows the 'Subir referencias' (Upload references) page in Rayyan. It has a 'Subir referencias' and 'Importación desde Mendeley' tabs. Below the tabs is a 'Select files...' button and a list of files, including 'ROB2_IRPG_beta_v9.xism'. A green 'Continue' button is visible. To the right is a 'Guías de migración' (Migration guides) section with 'Formatos admitidos' (Supported formats) listed. A blue arrow points to the 'Continue' button, and another blue arrow points to the 'Formatos admitidos' section. A text box on the right says 'Se suben las referencias en formato de texto' (References are uploaded in text format).

824

825

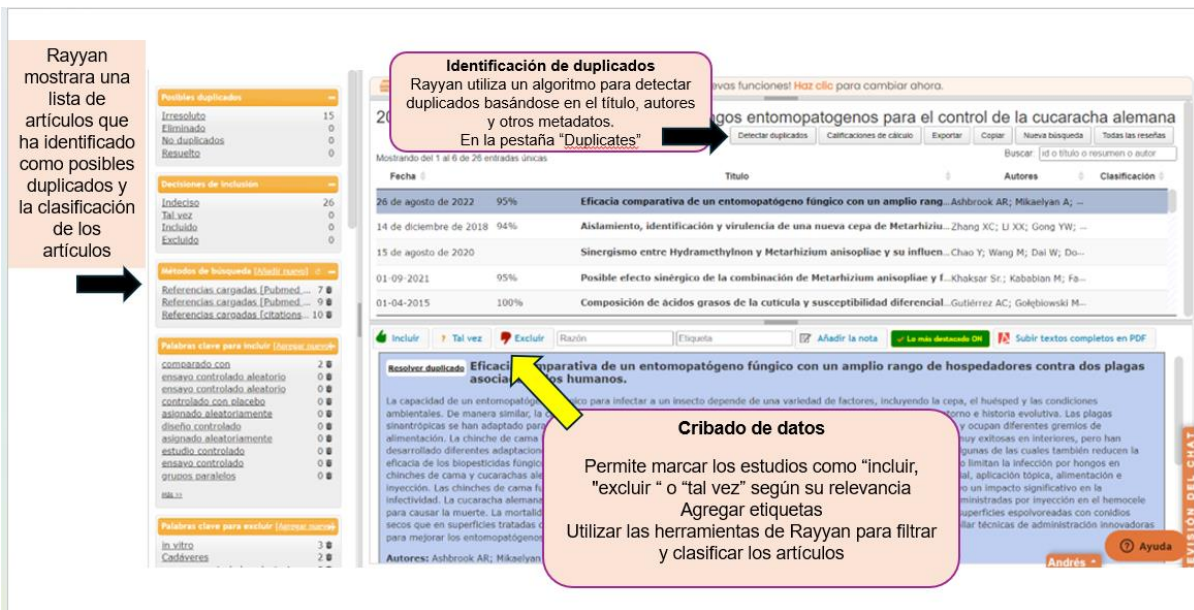
Figura 14. Subir referencias a rayyan.

826

En la plataforma de rayyan se visualizan los artículos que se han cargado, los cuales se clasifican como: "incluir", "excluir" o "tal vez" conforme al criterio

827

828 establecido, además se pueden detectar los duplicados gracias a su algoritmo. A
 829 través del panel de filtros, se visualizan los artículos detectados como duplicados,
 830 palabras clave identificadas y la clasificación de los artículos.



831

832

Figura 23. Interfaz de rayyan para la clasificación y detección de duplicados.

833



834

835

836

837

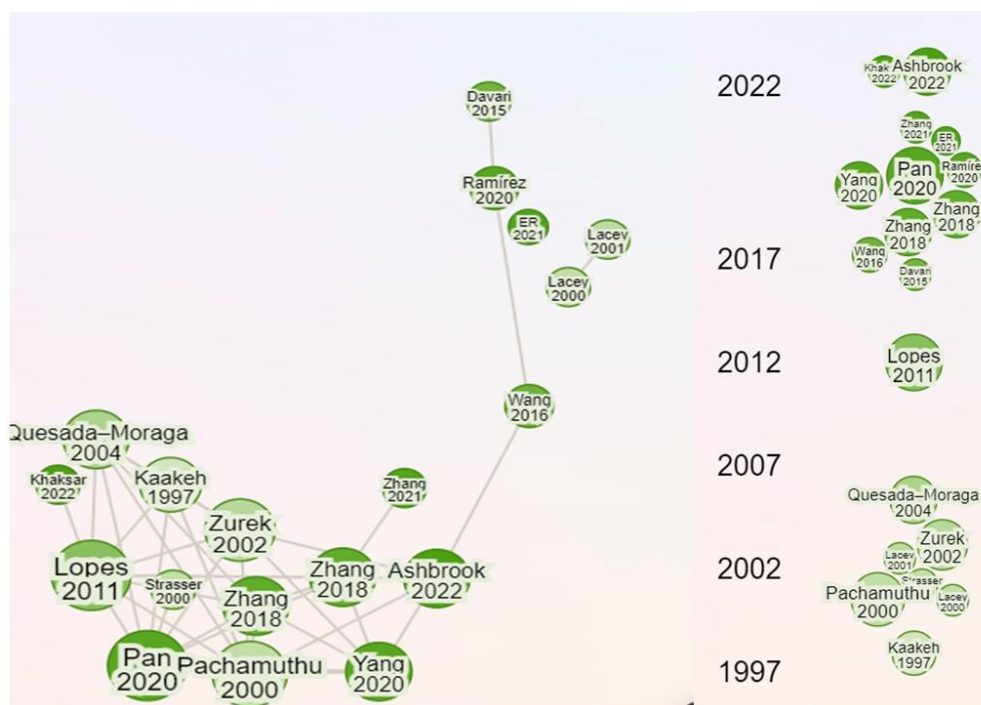
Figura 24. Panel de filtros de rayyan. Permite a los usuarios gestionar y clasificar eficientemente los artículos de investigación según los temas, utilizando algoritmos de procesamiento de lenguaje natural y aprendizaje automático.

838 **7.6 Selección de estudios**

839

840 Se importaron los resultados del cribado de rayan en formato RIS o Bibtex
841 a Research Rabbit para la selección de los artículos. Esta herramienta, proporciona
842 una visión más amplia con la interfaz de conexiones y línea del tiempo (Figura 25),
843 ayudando a visualizar las relaciones entre las publicaciones a través de un gráfico
844 red, establece interconexiones e identifica las referencias de mayor citación en un
845 campo de estudio. Además, visualiza las líneas de tiempo para identificar la
846 evolución de las investigaciones con ello optimiza el tiempo de búsqueda y facilita
847 la elección de los trabajos de investigación que se incluyen en la revisión
848 sistemática.

849



850

851

Figura 15. Interfaz de conexiones y línea del tiempo en ResearchRabbit.

852

853 Análisis de artículos completos: Se hizo la lectura del texto completo,
854 evaluando que cumplieran según los criterios de inclusión y exclusión.

855

856

857

858

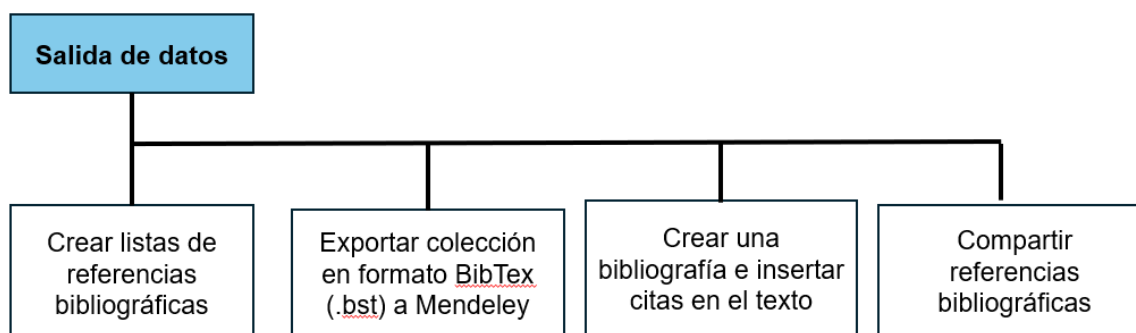
859

860 7.7 Proceso de extracción de estudios

861

862 Con el objetivo contar con una base de datos y permitir crear bibliografías e
863 insertar citas en Word, se usó como gestor de referencia Mendeley, exportando la
864 colección de artículos de ResearchRabbit en formato BibTex(*.bib), para después
865 importarlo a la librería en Mendeley y así visualizar la base de datos, en resumen,
866 se realizó la organización y salida de los datos según la figura 26.

867



868

869 *Figura 16. Esquema de las características básicas de un gestor de referencias.*

870

871

872

873

874

875

876

877

878

879

880

881

882

883

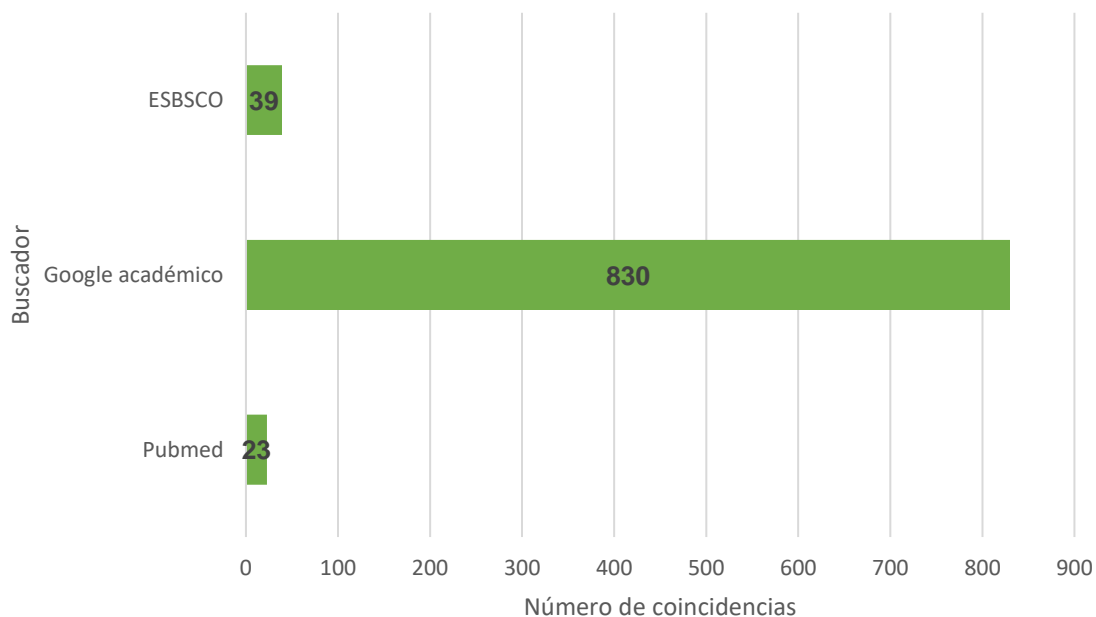
884 8.Resultados

885

886 8.1 Resultados de cribado

887

888 Las estrategias de búsqueda empleadas en las diferentes fuentes de datos
889 dieron como resultado: 39 artículos tomados de ESBSCO, 830 DE GOOGLE
890 académico y 23 de Pubmed, como se muestra en la gráfica 1, teniendo un total de
891 892 trabajos académicos.



892

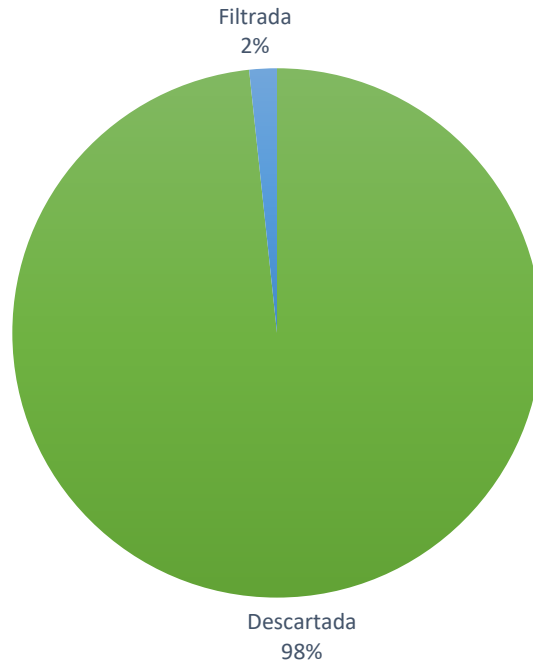
893 **Gráfica 1.** Resultados de la búsqueda.

894

895 Una vez que se aplican los primeros 2 pasos de las directrices en PRISMA,
896 la lectura de los títulos y resumen de los artículos, se consideraron a 150 trabajos
897 de investigación como relevantes.

898 Por otra parte, durante la fase de eliminación de trabajos duplicados se
899 descartaron 28 artículos, cuidando de que cumplieran con los criterios de inclusión
900 y exclusión establecidos.

901 En esta etapa se excluyeron en su mayoría trabajos de Google académico y
902 ESBSCO, quedando 30 artículos, por medio del cribado con rayan se seleccionaron
903 14 artículos para su lectura, esto representa un 2% (gráfica 2) de las coincidencias
904 iniciales de las búsquedas realizadas, finalmente aplicando los criterios de inclusión
905 se extrajeron 10 artículos para su análisis completo.



906

907

Gráfica 2. Porcentaje de información filtrada.

908

909 Como bien se observa, las estrategias empleadas ayudan a que el análisis
910 de la información sea específico a las necesidades de la investigación, en cuanto a
911 las etapas de este filtrado de información en la Figura 27 se muestra el esquema
912 con los números de coincidencias según el buscador y el número total de trabajos
913 de investigación seleccionados.

914

915

916

917

918

919

920

921

922

923

924

925

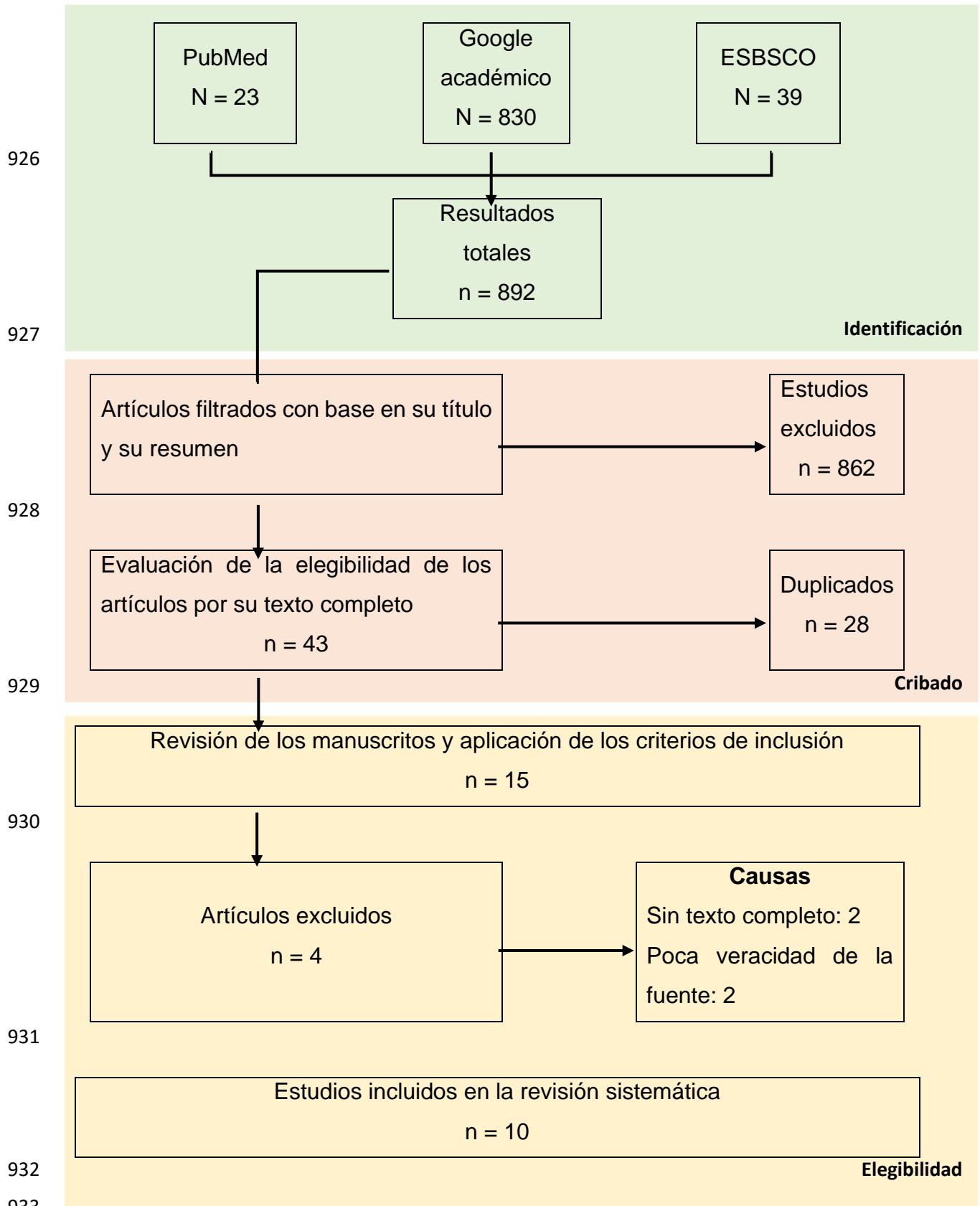
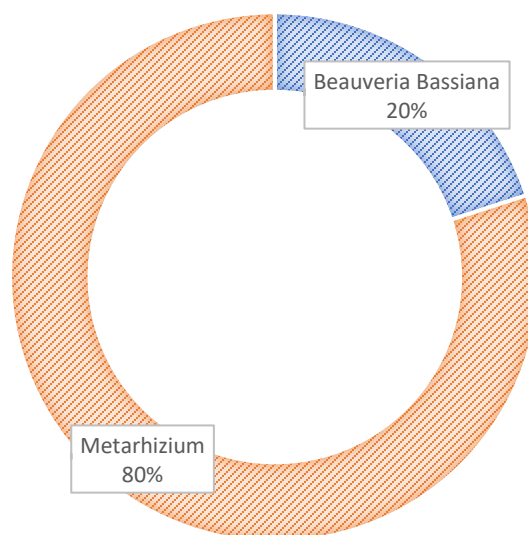


Figura 27. Etapas del proceso de selección de artículos

935 **8.2 Características de los estudios**
936

937 Se revisaron un total de 10 estudios publicados entre el año 2000 y 2024,
938 siendo 2 estudios con respecto al uso de *Beauveria bassiana* y 8 de *Metarhizium*
939 *anisopliae* en el control de la cucaracha alemana (gráfica 3), con lo cual se muestra
940 que las investigaciones en torno al uso del hongo *Metarhizium anisopliae* para el
941 combate de la cucaracha alemana se encuentran en un mayor grado desarrollo. En
942 cuanto a los métodos de aplicación se encuentran a la aplicación tópica, el uso de
943 cebos y la suspensión conoidal.

944



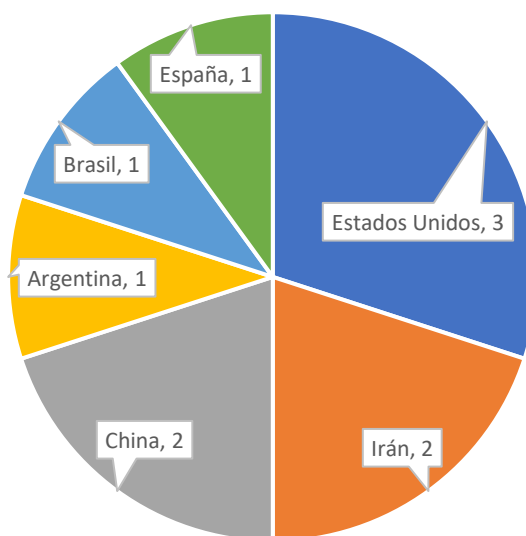
945

946

Gráfica 3. Uso de hongos en investigaciones.

947

948 Como resultado de la búsqueda se observó que el origen de los trabajos de
949 investigación de esta índole son Estados Unidos, Irán, China, Brasil y España
950 (gráfica 4).



951

952

Gráfico 4. Investigaciones por país.

953

954 Aunque las investigaciones han mostrado avances en la efectividad de las
 955 metodologías empleadas para la aplicación de estos agentes biológicos, los
 956 resultados de la revisión mostraron que en ninguno de los trabajos se reporta la
 957 inclusión de los hongos entomopatógenos en los planes integrados de control de
 958 plagas.

959 Diferentes estudios integraron componentes adicionales junto con los hongos
 960 entomopatógenos para potenciar su eficacia en el control de la cucaracha alemana.
 961 Estos componentes incluyen insecticidas convencionales y sustancias como ácido
 962 bórico (17,70–72).

963 En un estudio se utilizaron diversas técnicas para exponer a la chinche de
 964 cama (*Cimex lectularius*) y Cucaracha alemana (*Blatella germanica*) al hongo
 965 entomopatógeno *Beauveria bassiana* con el fin de evaluar su susceptibilidad a la
 966 infección fúngica (11), en otro estudio se evaluó la toxicidad de *Lecanicillium*
 967 *muscarium* y *Beauveria bassiana* contra la cucaracha alemana (3). Solo en un
 968 estudio se realizaron observaciones histológicas del intestino medio y la
 969 caracterización del microbioma intestinal de las cucarachas que fueron infectadas
 970 con hongos entomopatógenos(17).

971 En la tabla 9 se muestran los datos generales de los artículos seleccionados
 972 para la revisión en texto completo.

973

Tabla 9. Resultados de artículos seleccionados.

Autor/año	País	Hongo	Método de aplicación	Agentes combinados	Género	Etapas de crecimiento
Ashbrook AR, Mikaelyan A, Schal C./ 2022	Estados Unidos	<i>Beauveria bassiana</i>	Tópico Cebo Inyección	-	Macho	Adulto
Khaksar MR, Kababian M, Fateh R, Saghafipour A, Vatandoost H, Sharififard M./ 2021	Iran	<i>Metarhizium anisopliae</i>	Tópico Cebo	Fenitrotión	-	Ninfa
Zhang XC, Li XX, Gong YW, Li YR, Zhang KL, Huang YH, Zhang F./ 2018	China	<i>Metarhizium anisopliae</i>	Tópico Ingestión mixta	-	Macho y hembra	Ninfa y adulto
Rongai Yang a 1, Meijuan Zhang a 1, Coby Schal b, Meng Jiang a, Tong Cai a, Fan Zhang a./ 2021	China	<i>Metarhizium anisopliae</i>	Tópico Ingestión	Ácido bórico	Macho	Adulto
Davari B, Limoe M, Khodavaisy S, Zamini G, Izadi S./ 2015	Iran	<i>Beauveria bassiana</i>	Suspensión conoidal Cebo	-	Macho y hembra	Adulto

Gutierrez AC, Gołębiowski M, Pennisi M, Peterson G, García JJ, Manfrino RG, López Lastra CC./ 2015	Argentina	<i>Metarhizium anisopliae</i>	Suspensión conoidal	-	-	Ninfas y adultos
RB Lopes1, SB Alves./ 2010	Brasil	<i>Metarhizium anisopliae</i>	Tópico Cebo	-	Macho y hembra	Ninfas y adultos
Quesada-Moraga E, Santos-Quirós R, Valverde-García P, Santiago-Alvarez C./ 2024	España	<i>Metarhizium anisopliae</i>	Suspensión conoidal	-	Macho y hembra	Adulto
Ludek Zurek, D.Wes Watson, Coby Schal./ 2002	Estados Unidos	<i>Metarhizium anisopliae</i>	Tópico Inyección	Ácido bórico	Macho y hembra	Adulto
Pachamuthu P., Kamble ST./ 2000	Estados Unidos	<i>Metarhizium anisopliae</i>	Tópico	Clorpirifos y propetamfos	Macho	Adulto

975

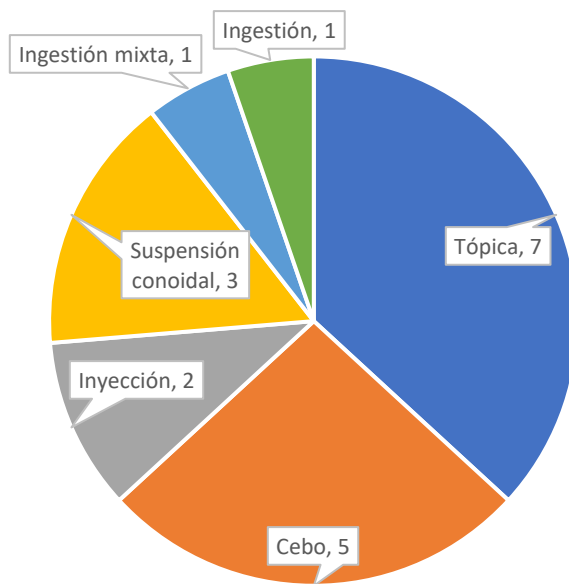
976 Como bien se observa en la tabla 9, la mayoría de las investigaciones en
977 torno a la erradicación de la cucaracha alemana a partir de hongos
978 entomopatógenos se ha efectuado en países del continente asiático y europeo, lo
979 cual puede relacionarse con el origen de este insecto.

980 Por otra parte, se puede observar que las investigaciones que se encontraron
981 en el continente americano son escasas y únicamente se han efectuado en 3
982 países, Argentina, Brasil y Estados Unidos de América, es importante destacar que
983 en México se han realizado estudios sobre el uso de hongos entomopatógenos, sin
984 embargo, no se encontraron trabajos específicamente con la cucaracha alemana,
985 debido tal vez a que no han alcanzado una relevancia significativa puesto que aún

986 no es una plaga de preocupación en este país. Esto se debe, en parte, a la limitada
987 cantidad de estudios publicados en el país y a la falta de inclusión de estos trabajos
988 en revisiones internacionales debido a criterios de idioma (9).

989 En cuanto a las etapas de crecimiento, puede notarse que los estudios se
990 realizaron en ninfas y adultos, en su mayoría la evaluación de la efectividad de estos
991 hongos se realizó bajo la administración vía tópica (gráfica 5) y en gran parte de los
992 trabajos se hizo el estudio sobre los géneros macho y hembra de cucaracha (gráfica
993 6).

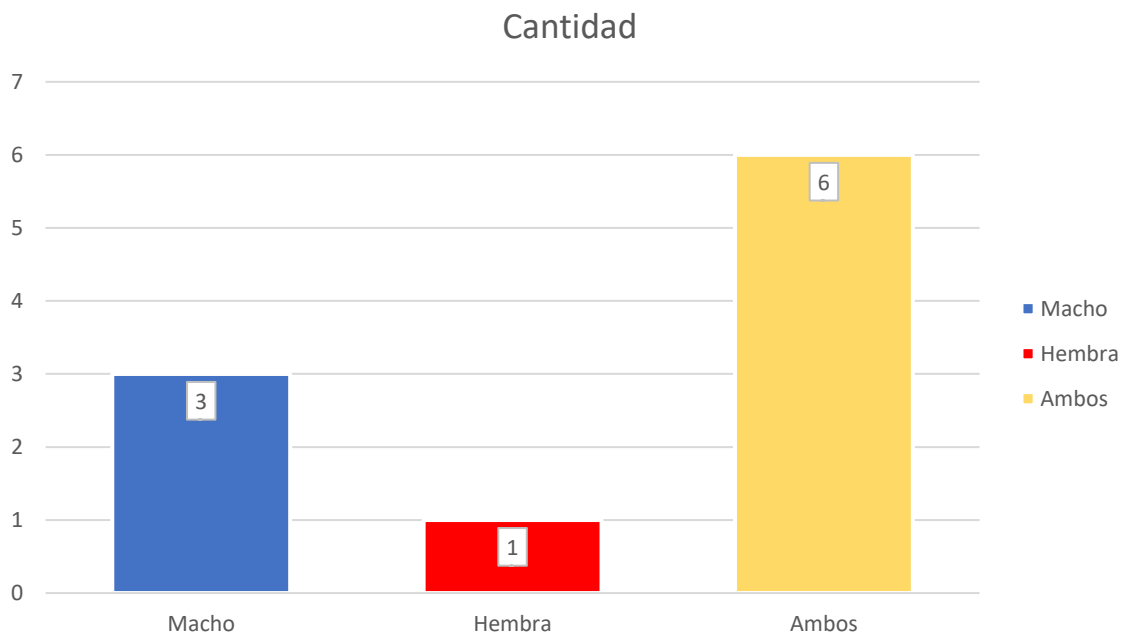
994



995

996

Gráfica 5. Vías de aplicación de los hongos entomopatógenos.



997

998

Gráfico 6. Géneros de los especímenes estudiados.

999

8.3 Evaluación del riesgo de sesgo

1000

La evaluación del riesgo de sesgo se hizo conforme al manual Cochrane, donde se señalan los cinco sesgos específicos en los estudios (tabla 10).

1001

1002

1003

Tabla 10. Tipos de sesgo.

Sesgos	Descripción
Sesgo de selección	Este tipo de sesgo ocurre por diversas circunstancias, ya sea por la forma en que se eligen los participantes, también cuando los criterios en el estudio no están suficientemente definidos (73).
Sesgo de realización	Diferencias sistemáticas entre grupo en la asistencia que se les entrega o en la exposición a otros factores (74).
Sesgo de detección	Hace referencia a las diferencias sistemáticas entre grupos en la forma en que los resultados fueron obtenidos (54)
Sesgo de desgaste	Este sesgo ocurre porque hay diferencia sistemática entre los grupos del estudio cuando se retiran o abandonan. Es necesario conocer las razones en ambos grupos (experimental y de control para evaluar adecuadamente los resultados del estudio (73).
Sesgo de notificación	Diferencias sistemáticas entre resultados presentados y no presentados (74).

1004

1005

1006

1007

1008

1009

Con base en los criterios de la tabla 10 se realizó el análisis de riesgo de sesgo para cada artículo que se incluyó en esta revisión sistemática, los resultados de esta evaluación se detallan en la tabla 11.

Tabla 11. Evaluación de sesgo para los artículos.

Autores	Sesgo de selección	Sesgo de realización	Sesgo de Detección	Sesgo de Desgaste	Sesgo de notificación
Ashbrook AR, Mikaelyan A, Schal C. 2022	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Khaksar MR, Kababian M, Fateh R, Saghafipour A, Vatandoost H, Sharififard M.2021	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Zhang XC, Li XX, Gong YW, Li YR, Zhang KL, Huang YH, Zhang F.2018	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Rongai Yang a 1, Meijuan Zhang a 1, Coby Schalb, Meng Jiang a, Tong Cai a, Fan Zhang a.2021	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Davari B, Limoe M, Khodavaisy	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo

S, Zamini G, Izadi S. 2015					
Gutierrez AC, Gołębiowski M, Pennisi M, Peterson G, García JJ, Manfrino RG, López Lastra CC 2015	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
RB Lopes1, SB Alves.2010	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Quesada- Moraga E, Santos- Quirós R, Valverde- García P, Santiago- Alvarez C. 2024	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Ludek Zurek , D.Wes Watson , Coby Schal.2002	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Pachamuthu P, Kamble ST. 2000	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo

1010

1011 En la siguiente tabla (tabla 12) se describe la razón del por qué los riesgos
1012 de sesgo fueron bajos con base a los criterios de la tabla 11.

1013

1014

1015

1016

1017

Tabla 7. Valoración de los riesgos de sesgo.

	Sesgo de selección	Sesgo de realización	Sesgo de Detección	Sesgo de Desgaste	Sesgo de notificación
Apoyo para la valoración	El riesgo de sesgo es bajo ya que en la mayoría de los estudios se reporta el uso de cucarachas criadas bajo condiciones controladas, además, la selección de las cucarachas por edad y género esta alineada con el objetivo de evaluar las diferencias en la susceptibilidad a los hongos entomopatógenos entre diferentes ciclos de vida y género.	Los artículos tienen información clara del origen de la cepa, el procedimiento del método de aplicación del hongo entomopatógeno y se hace el seguimiento del proceso de infección del hongo entomopatógeno.	Los estudios fueron transparentes en cómo se midieron y reportaron los resultados, los métodos de detección fueron claramente descritos.	En todos los estudios evaluados fue bajo, ya que las pérdidas de cucarachas durante los experimentos fueron claramente documentadas y no estaban relacionadas con los tratamientos aplicados.	Los estudios detallan la metodología del tratamiento, de donde obtuvieron las cucarachas, que cepas utilizaron y hacen un correcto análisis de los resultados, discutiendo cuales fueron sus obstáculos y que se deben hacer para futuras investigaciones.

1019

1020

1021

1022

1023

1024

1025

1026

1027

1028

1029

1030

1031

1032 **9. Discusión**

1033

1034 La información respecto a la cucaracha alemana es variada en temas
1035 relacionados a la resistencia a insecticidas, alergias y endosimbiontes de la
1036 cucaracha alemana, dentro de la perspectiva de este estudio, el uso de hongos
1037 entomopatógenos ha recibido atención para poder utilizarse en un programa de
1038 manejo integral de plagas, su uso aún está en desarrollo.

1039 Se seleccionaron 10 artículos relacionados con el uso de hongos
1040 entomopatógenos probados en la cucaracha alemana en 3 buscadores diferentes
1041 (PubMed, Google académico y ESBESCO), en los buscadores se descartaron
1042 algunos artículos que no trascendían con los objetivos de esta investigación.

1043 En los trabajos revisados en texto completo se encontró que las principales
1044 vías de administración que causaron un porcentaje alto de mortalidad de la
1045 cucaracha alemana son por vía tópica e inyección, mientras que en el caso de su
1046 aplicación en combinación con cebos tiene variaciones puesto que algunos son
1047 hongos y otros son sales inorgánicas, a continuación, se describen brevemente los
1048 resultados de las investigaciones en torno a tales situaciones.

1049

1050 **9.1 Métodos de aplicación**

1051

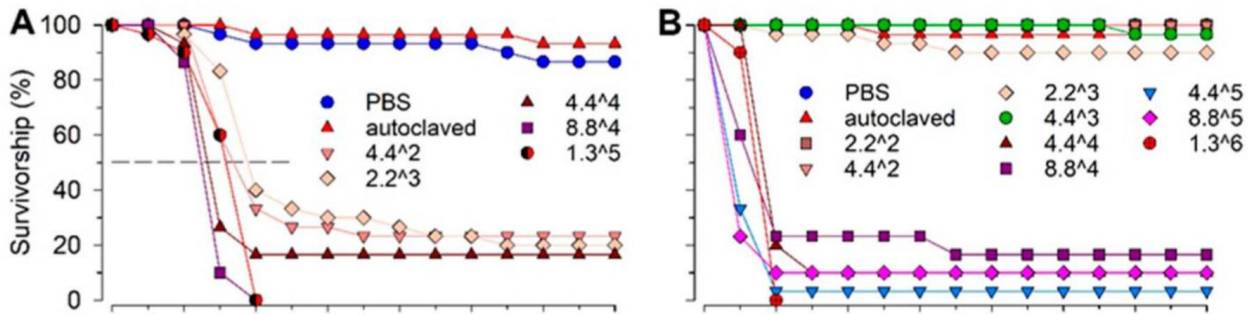
1052 **9.1.1 Inyección**

1053

1054 Mediante el método de inyección, usando *Beauveria bassiana*, la cepa GHA,
1055 se comparó la mortalidad en la chinche de cama (*C. lectularius*) y la cucaracha
1056 alemana (11). Se indica que la inyección fue aplicada en el hemocele de la
1057 cucaracha alemana, los resultados señalan que fue menos infecciosa contra las
1058 cucarachas que con las chinches (figura 27).

1059 En las figuras 27 y 28 se observa la mortalidad de las chinches de cama y la
1060 cucaracha alemana mediante la inyección de *Beauveria bassiana*, en estas se
1061 muestra que en dosis de conidios de menos de 4.44×10^4 conidios/mL no se logra
1062 una mortalidad significativa en la población. Aunque las cucarachas son
1063 susceptibles a *Beauveria bassiana*, requieren dosis de hasta 1.3×10^6 conidios/ml
1064 para lograr niveles de mortalidad del 100%, ocurriendo esto principalmente de 1 a
1065 3 días después de la inyección.

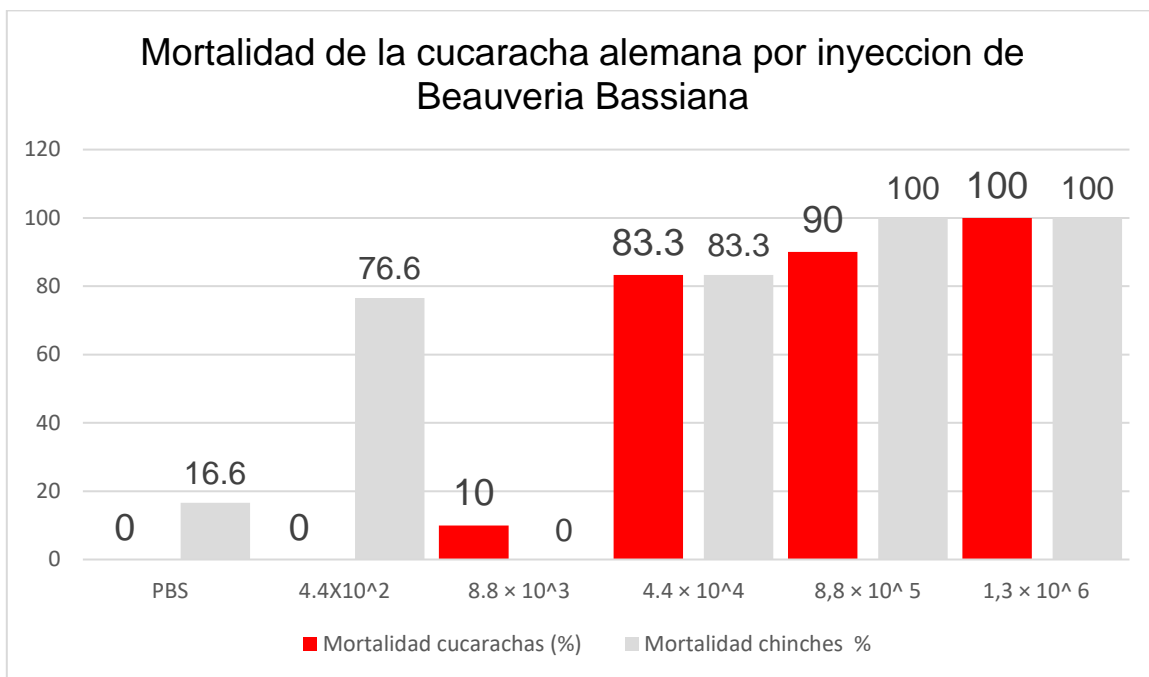
1066



1067

1068 **Figura 27.** Supervivencia proporcional media de chinches(A) y cucarachas alemanas(B) expuestas
 1069 a conidios GHA de *Beauveria bassiana* mediante inyección.

1070



1071

1072 **Figura 28.** Gráfica de comparación de mortalidad de la cucaracha alemana y chinche de cama por
 1073 inyección de *Beauveria bassiana*.

1074

1075 Las características de la cutícula como grosor, grado de melanización y capa
 1076 lipídica de la epicutícula, reflejan su eficacia en la susceptibilidad de la cucaracha
 1077 alemana a los conidios infectados, mientras la cutícula de la chinche de cama tiene
 1078 un grosor de aproximadamente 10 μm , el grosor de la cucaracha alemana es de
 1079 alrededor de 16 μm . Esta diferencia de grosor se refleja en su completa resiliencia
 1080 a $1,3 \times 10^6$ conidios aplicados directamente en la cutícula (11).

1081

1082 En la investigación realizada por Zurek, Watson y Schal (71), a través del
 1083 mismo método de inyección y aplicando la cepa AC-1 del hongo *Metarhizium*

1084 *anisopliae*, tanto de forma de forma aislada y en combinación con ácido bórico (tabla
 1085 12) se muestra que *M.anisopliae* en dosis bajas causan solo un 60 % de mortalidad
 1086 en dosis de 5.1×10^3 conidios/ml y un 30% en dosis de 5.1×10^2 respectivamente,
 1087 mientras que en una dosis alta de conidios (5.1×10^4) causa una mortalidad del 100
 1088 % en las cucarachas después de 4 días de la administración del hongo, mostrando
 1089 una alta eficacia.

1090 La aplicación única de ácido bórico no tuvo un efecto significativo en la
 1091 mortalidad, sin embargo, al aplicarse en sinergia con el hongo, se observó una alta
 1092 efectividad en concentraciones de 5.1×10^3 conidios/ml teniendo una mortalidad del
 1093 100% con una concentración letal de dosis, Lt_{50} , de 5 días, logrando una mortalidad
 1094 mucho más rápida que cualquier tratamiento individual.

1095

1096 **Tabla 12.** Mortalidad de hembras adultas de *Blattella germanica* desafiadas por inyecciones de
 1097 ácido bórico y/o conidios de *Metarhizium anisopliae* en el hemocele (72).

	Treatment											
	PPBT-Ba				PPBT		PPBT-Ma ^a			PPBT-Ba-Ma ^a		
Dose	0.1%	1.0%	2.0%	5.0%	5.0%	na	na	5.1×10^4	5.1×10^3	5.1×10^2	$5.0\% + 5.1 \times 10^3$	$5.0\% + 5.1 \times 10^2$
Total volume (μ l)	1	1	1	1	2	1	2	1	1	1	1 + 1	1 + 1
n	10	10	10	20	20	10	10	20	20	20	20	20
Mortality (%)	0	0	0	0	100	0	0	100	60	30	100	65
LT_{50} (days)	na	na	na	na	7	na	na	2	9	na	5	8
95% CI (days)	na	na	na	na	6-7	na	na	2-3	8-9	na	5-6	8-9
Fungal growth (%)			na					100	100	100	100	100

1098

1099 NOTAS: PPBT, tampón de fosfato de potasio con 0.1% de Tween 80 (v/v); PPBT-Ba, PPBT con ácido bórico; PPBT-Ma,
 1100 PPBT con *M. anisopliae*; PPBT-Ba-Ma, PPBT con ácido bórico y *M. anisopliae*.

1101 Estas investigaciones, muestran la eficacia del método de inyección para
 1102 *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*, sin embargo, en el estudio realizado
 1103 con *B.bassiana* se reporta que hubo crecimiento de micelio en los insectos como
 1104 una manera de confirmar que la muerte se debió al hongo (11), al igual que
 1105 *Metarhizium anisopliae*, el hongo creció en todos los cadáveres (71).

1106

1107 9.1.2 Tópica

1108

1109 En los ensayos cuya vía de aplicación es la tópica se usaron suspensiones
 1110 conoidales en agua, aceite y polvo, dichas combinaciones sirvieron para encontrar
 1111 las dosis mínimas efectivas para el combate de la cucaracha alemana.

1112 En los artículos revisados de las cepas de *Metarhizium anisopliae*, EB0732
 1113 Meng (75), EAMa 01/121-Su-k (76) y *Metarhizium anisopliae* sensu lato (77), se
 1114 reporta que la efectividad en el combate de *Blatella germanica* en etapa adulta dada
 1115 por la aplicación tópica de las disoluciones acuosas de EAMa 01/121-Su-k es:

- 1116 • El 85% a los 15 días de la aplicación para la concentración más baja.
1117 • El 98.9% para las dosis más altas, en un periodo de entre 24 horas y 5 días
1118 después de su aplicación.

1119 En el caso de la cepa EB0732 (75) y *Metarhizium anisopliae* sensu lato (77),
1120 se reportó una mortalidad del 65% provocada por dosis altas en ninfas, esto
1121 demuestra que la efectividad de dichos hongos cambia según etapa de desarrollo
1122 de la cucaracha.

1123 En cuanto a las disoluciones acuosas, la cepa de AGH (11) se reporta que
1124 no tuvo efecto sobre cucarachas.

1125 Sin embargo, en la aplicación tópica de *Beauveria bassiana* en aceite se
1126 mejoró la eficacia de los conidios contra *Blattella germanica*, con una mortalidad del
1127 70% en 14 días con una dosis de 4.4×10^6 conidios en aceite, esta es considerada
1128 como una dosis alta dentro de los parámetros de estudio, en cuanto a este estudio
1129 se sugiere que la suspensión conoidal debe estar libre de humedad y que se le
1130 adicione aceite a base de petróleo.

1131 El método de aplicación de *Beauveria bassiana* (11) y *Metarhizium anisopliae*
1132 (78) mayor efectividad fue la esporulación de los conidios secos o en polvo de estos
1133 hongos, las cucarachas tratadas con conidios secos mostraron crecimiento micelial
1134 y en las regiones intersegmentales bajo condiciones de alta humedad, lo que
1135 sugiere que el hongo puede proliferar en estas condiciones. Además, ambos hongos
1136 desarrollaron micosis lo que llevo a la muerte del insecto, los cadáveres resultantes
1137 al colocarlas con cucarachas sanas, estas últimas se infectaron y murieron, las
1138 tasas de mortalidad observadas para cadáveres no expuestos y expuestos fueron
1139 del 10% y 87.5%, respectivamente (76).

1140 En tanto, los estudios muestran que los conidios secos son más fáciles de
1141 aplicar en entornos urbanos. Ashbrook plantea que, los conidios de *Beauveria*
1142 *bassiana* al estar suspendidos en agua o aceite dificultan la adhesión de los conidios
1143 a la cutícula; lo que puede reducir la infectividad de los entomopatógenos.

1144 En cambio, se obtienen mejores resultados cuando se exponen a conidios
1145 aéreos secos, porque las esporas son recogidas más fácilmente por los insectos en
1146 comparación con los conidios que están suspendidos en aceite o agua (11).

1147 De acuerdo con Davari (3), la combinación de los hongos *Beauveria bassiana*
1148 y *Lecanicillium muscarium*, provocaron una toxicidad similar sobre la cucaracha
1149 alemana, aplicado mediante sumersión muestra un nivel de confianza del 95%
1150 respecto a la concentración letal media, LC_{50} , el cual fue de 3.5×10^6 y 6.3×10^7
1151 conidios/mL de suspensión acuosa.

1152

1153

1154

1155

1156 9.1.3 Cebo

1157

1158 El uso del hongo *M. anisopliae* en cebo no muestra una variación significativa
1159 de su efectividad aplicado por sí solo en comparación con la técnica de espolvoreo.

1160 Aunque los adultos expuestos al cebo enmendado con *Metarhizium*
1161 *anisopliae* presentaron tasas de mortalidad del 12% al 28% a los 15 días post-
1162 aplicación, la infección no fue tan eficiente en comparación con la exposición sobre
1163 superficies espolvoreadas. Además, los conidios ingeridos a través del cebo no
1164 germinaron en el tracto digestivo de las cucarachas, lo que sugiere que esta vía de
1165 administración no es tan efectiva para controlar la plaga(78)

1166 Por su parte Yang *et al* (2021), reporta que el uso de ácido bórico en
1167 combinación con los conidios secos acelera la propagación de *Metarhizium*
1168 *anisopliae* en las cucarachas alemanas. Este método ofrece una alternativa más
1169 segura y efectiva para el control de las cucarachas. Además, se sugiere que los
1170 mecanismos de acción del ácido bórico podrían facilitar la penetración de otros
1171 insecticidas naturales y sintéticos, potenciando su actividad.

1172 Khaksar MR Kababian M en su trabajo de investigación reporta el uso de
1173 fenitrotión como componente sinérgico junto con *Metarhizium anisopliae*,
1174 alcanzando una dosis letal media (LD50%) de 6.6×10^6 conidios/mL. Este
1175 tratamiento tuvo un impacto en la mortalidad de la cucaracha ubicada entre el 22.5%
1176 y el 92.5% después de 4 días de su aplicación, lo que indica que al incrementar la
1177 cantidad de insecticida, la eficacia en términos de mortalidad de las ninfas también
1178 se incrementa alcanzando su punto máximo en el cuarto día de exposición.

1179 En resumen, se puede inferir que la heterogeneidad de las poblaciones de
1180 cucarachas es un factor determinante para considerar en los métodos de control,
1181 ya que como se ha documentado, la efectividad de los hongos entomopatógenos
1182 es variable al controlar poblaciones de cucarachas en etapa ninfa o adulta. Esto
1183 supone un reto importante en cuanto al control de la plaga causada por *Blattella*
1184 *Germanica* puesto que se requiere de un estudio profundo de la población a
1185 combatir en un entorno urbano, como bien se sabe, en este último se tiene este tipo
1186 de ecosistemas de cucarachas aunado a las posibles variaciones genéticas de
1187 estos insectos; las cuales les pueden conferir una resistencia selectiva a los agentes
1188 de control.

1189 Ashbrook AR *et al.* (11) y Davari B Limoe *et al.* (3) quienes reportan la
1190 aplicación por medio de cebo y de ingestión de conidios de *Beauveria bassiana*
1191 reportan diferencias significativas en cuanto a la efectividad del método de
1192 aplicación, por un lado Ashbrook reporta una alta efectividad ya que la cucaracha
1193 se parasita y sufre de una infección fúngica, mientras que Davari indica que el
1194 método de ingestión es poco efectivo debido a la protección intestinal de la
1195 cucaracha, la información más relevante de ambos métodos se muestra en la tabla
1196 13.

	Método de Cebo	Método de ingestión de Conidios de <i>B.bassiana</i>
Preparación del Cebo/Solución	3 g de azúcar, 2 g de leche en polvo, 2 ml de agua destilada. 1 ml de suspensión de conidios dispersado en 5 g de cebo.	<ul style="list-style-type: none"> • Conidios suspendidos en agua + 0.01% de Tween-80. • 4 µL de solución de conidios + sacarosa 1M pipeteados.
Concentraciones de Conidios	Desde 1×10^3 hasta 1×10^9 conidios/g.	4.4×10^6 conidios en la solución.
Condiciones de Exposición	Jaulas a $28 \pm 2^\circ\text{C}$ y $75 \pm 5\%$ HR con agua y comida para gatos.	Cucarachas en placas de Petri, privación de alimento por 24h.
	Placas de Petri con papel de filtro y 5 g de cebo.	Cucarachas ingieren gota líquida en 2 horas.
	4 réplicas de 10 cucarachas por tratamiento	Transferencia a frascos después de la ingesta.
Monitoreo y Evaluación	Monitoreo diario de cucarachas muertas.	Monitoreo diario de mortalidad.
	Registro de cadáveres con muscardina.	Controles negativos y positivos incluidos.
Exposición al Hongo	Exposición continua y prolongada a los conidios en el cebo.	- Exposición breve (2 horas) a la solución de conidios.
Protección del Tracto Digestivo	Exposición prolongada podría superar la membrana peritrófica.	Membran peritrófica protegió el intestino medio de los conidios.
Resultados de Efectividad	Alta mortalidad debido a infección fúngica.	Inefectivo para causar mortalidad debido a protección intestinal

1198

1199

1200

1201

1202

1203

De lo anterior, se puede constatar que el método de cebo en medio sólido proporcionó una exposición más efectiva y prolongada a los conidios, superando las defensas naturales del tracto digestivo de las cucarachas, mientras que el método de ingestión de conidios fue limitado por la breve exposición y la protección de la membrana peritrófica.

1204 La eficacia de la aplicación de hongos entomopatógenos contra *Blatella*
1205 *germanica* varía según la cepa utilizada, la formulación y las condiciones de
1206 aplicación.

1207 La morfología de la cucaracha alemana también influye significativamente en
1208 su resistencia a los conidios de estos hongos. Para superar estas barreras, se han
1209 desarrollado diversas formulaciones que se aplican mediante contacto superficial,
1210 aplicación tópica, alimentación o cebo, e inyección (2).

1211 El análisis de las diferentes metodologías para evaluar los tratamientos
1212 fúngicos ha proporcionado importantes consideraciones sobre la preparación de
1213 suspensiones, la aplicación de conidios y la mortalidad de los insectos. Los autores
1214 señalan que el uso combinado de componentes sinérgicos con los hongos
1215 entomopatógenos, tanto en el ámbito agrícola como doméstico, puede no tener
1216 efectos adversos si se utilizan en dosis adecuadas (17,70).

1217 Aunque en los estudios realizados con las cucarachas adultas, estas no
1218 tienen la misma edad fisiológica, se cree que esto no influye significativamente en
1219 las diferencias de mortalidad observadas entre adultos y ninfas. Sin embargo, en el
1220 caso de la cucaracha alemana, las hembras son más difíciles de infectar debido a
1221 su mayor peso, una alimentación más abundante y un sistema inmunológico más
1222 efectivo en comparación con los machos. Además, su estado reproductivo también
1223 puede afectar la susceptibilidad al hongo (75).

1224 La mortalidad en las ninfas siempre fue menor que en los adultos, siendo la
1225 técnica de espolvoreo más eficiente que el uso de cebos. Esta susceptibilidad
1226 diferencial podría estar relacionada con la muda de la cutícula en el estado de ninfa,
1227 lo cual es particularmente relevante cuando el patógeno se inocula. Las ninfas
1228 cambian regularmente su cutícula durante su desarrollo, por lo que, si el hongo se
1229 aplica justo antes o durante la muda, pueden deshacerse del hongo antes de que
1230 las infecte (79).

1231 Los diferentes estudios demuestran que es convincente desarrollar
1232 formulaciones en polvo para controlar las cucarachas, ya que la cucaracha alemana
1233 muestra una alta resistencia a los conidios aplicados. La aplicación tópica con agua
1234 no causó una mortalidad significativa, pero la exposición tópica con aceite a altas
1235 dosis de conidios y la exposición por contacto a dosis muy altas resultaron en una
1236 mayor mortalidad y menores tiempos de supervivencia (11,76).

1237 La formulación en polvo es más efectiva que los cebos en la contaminación
1238 y adhesión de esporas a las cucarachas. Aunque también, el uso de cebo en la
1239 cucaracha alemana tuvo también casos de éxito debido a las diferencias en cómo y
1240 cuándo los conidios se adhieren y germinan, lo que influye en la efectividad del
1241 control de plagas (17).

1242

1243

1244

1245 **10.Conclusiones**

1246

1247 A través de la metodología PRISMA, el manual Cochrane y de la
1248 implementación de las estrategias de búsqueda se obtuvieron 892 coincidencias,
1249 mismas que al someterse al cribado por medio de ResearchRabbit y rayyan dieron
1250 como resultado 10 artículos para su revisión en texto completo.

1251 De acuerdo con los resultados de búsqueda se reporta que el hongo
1252 *Metarhizium anisopliae* tiene un mayor desarrollo en sus investigaciones en
1253 contraste con *Beauveria bassiana*. La base de datos que fue más precisa en la
1254 búsqueda de información y que contó con una mayor diversidad de artículos en
1255 torno a los criterios de búsqueda fue PubMed.

1256 En cuanto a las coincidencias de uso de los hongos *Beauveria bassiana* y
1257 *Metarhizium anisopliae* en MIP, no se encontraron resultados, esto muestra que las
1258 metodologías enfocadas al combate de *Blatella Germanica* en entornos urbanos
1259 aún se encuentra desarrollo; lo cual hace complicada una recopilación de las
1260 metodologías implicadas en áreas de gran extensión y por lo tanto la revisión
1261 sistemática se realizó en torno a ensayos de laboratorio.

1262 Por otro lado, debido a la heterogeneidad de las poblaciones y las
1263 implicaciones de la aplicación de los hongos entomopatógenos para el combate de
1264 *Blatella Germanica* se vuelve necesaria la estandarización de los métodos de
1265 aplicación, áreas de aplicación y formulaciones de estos agentes biológicos puesto
1266 que la información recabada muestra que las investigaciones realizadas aún
1267 presentan resultados variados en cuanto a las concentraciones de los hongos y tasa
1268 de mortalidad de la cucaracha alemana.

1269 Debe considerarse el estudio de otros métodos de aplicación puesto que los
1270 que se realizan en solución o por ingesta son menos efectivos, como bien se sabe
1271 estos representan las principales presentaciones que se encuentran en el mercado
1272 y por ahora representarían una opción poco viable, en contraste con la aplicación
1273 de conidios secos que fue la más efectiva.

1274

1275

1276

1277

1278

1279

1280

1281

1282 **11.Perspectivas**

1283

1284 Es importante resaltar que la integración de herramientas basadas en la
1285 inteligencia artificial tales como rayyan y ResearchRabbit, deben considerarse en la
1286 elaboración de revisiones sistemáticas ya que ayudan a optimizar el proceso de
1287 búsqueda y selección de estudios, permitiendo a los investigadores mitigar el riesgo
1288 de sesgo y asegurando que las conclusiones sean más fieles a los objetivos de la
1289 investigación, sin embargo, hay que recordar que estas herramientas innovadoras
1290 deben ser empleadas como herramientas y no como sustitución definitiva de los
1291 procesos cognitivos y de pensamiento crítico.

1292 En cuanto a los hongos entomopatógenos, este trabajo de investigación tiene
1293 la intención de servir como fuente de consulta para futuras generaciones
1294 interesadas en el combate de la cucaracha alemana mediante el uso de estos
1295 hongos entomopatógenos o la realización de una revisión sistemática. Existen
1296 numerosas áreas de oportunidades para investigar la aplicación de hongos
1297 entomopatógenos en el control de plagas urbanas, como la cucaracha alemana.
1298 Estas áreas abarcan desde la mejora de formulaciones y métodos de aplicación
1299 hasta el estudio de sus efectos en la biodiversidad y la salud pública.

1300

1301

1302

1303

1304

1305

1306

1307

1308

1309

1310

1311

1312

1313

1314

1315

1316
1317

12. Bibliografía

- 1318 1. Pan XY, Zhang F. Advances in biological control of the German cockroach, *Blattella*
1319 *germanica* (L.). *Biological Control*. 2020 Mar 1;142:104104.
- 1320 2. Fardisi M, Gondhalekar AD, Ashbrook AR, Scharf ME. Rapid evolutionary responses to
1321 insecticide resistance management interventions by the German cockroach (*Blattella*
1322 *germanica* L.). *Sci Rep*. 2019 Dec 1;9(1).
- 1323 3. Davari B, Limoe M, KSZGIS. Toxicity of entomopathogenic fungi, *Beauveria bassiana* and
1324 *Lecanicillium muscarium* against a field-collected strain of the German cockroach *Blattella*
1325 *germanica* (L.) (Dictyoptera: Blattellidae).
- 1326 4. Zhang XC, Li XX, Gong YW, Li YR, Zhang KL, Huang YH, et al. Isolation, Identification, and
1327 Virulence of a New *Metarhizium anisopliae* Strain on the German Cockroach. *J Econ*
1328 *Entomol*. 2018 Dec 14;111(6):2611–6.
- 1329 5. Gondhalekar AD, Appel AG, Thomas GM, Romero A. A Review of Alternative Management
1330 Tactics Employed for the Control of Various Cockroach Species (Order: Blattodea) in the
1331 USA. *Insects* [Internet]. 2021 [cited 2023 May 29];12(6). Available from:
1332 [/pmc/articles/PMC8231608/](https://pmc/articles/PMC8231608/)
- 1333 6. Whalon M. Arthropod Pesticide Resistance Database | Michigan State University [Internet].
1334 2022 [cited 2023 May 29]. Available from: <https://www.pesticideresistance.org/index.php>
- 1335 7. Pucheta Díaz M, Flores Macías A, Rodríguez Navarro S, de la Torre M. Mecanismo de acción
1336 de los hongos entomopatógenos. *Interciencia* [Internet]. 2006 [cited 2023 May
1337 3];31(12):856–60. Available from:
1338 [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442006001200006&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
1339 [18442006001200006&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442006001200006&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- 1340 8. Lopes RB, Alves SB. Biological control Differential Susceptibility of Adults and Nymphs of
1341 *Blattella germanica* (L.) (Blattodea: Blattellidae) to Infection by *Metarhizium anisopliae* and
1342 Assessment of Delivery Strategies [Internet]. Vol. 40, *Neotrop Entomol*. 2011. Available
1343 from: www.scielo.br/ne
- 1344 9. Andrés Motta-Delgado P, Murcia-Ordoñez B. Hongos entomopatógenos como alternativa
1345 para el control biológico de plagas. *An Interdisciplinary Journal of Applied Science*
1346 [Internet]. 2011 [cited 2023 May 3];6(2):77–90. Available from:
1347 <https://www.redalyc.org/pdf/928/92819767006.pdf>
- 1348 10. Pacheco Hernández M de L, Reséndiz Martínez JF, Arriola Padilla VJ. Organismos
1349 entomopatógenos como control biológico en los sectores agropecuario y forestal de
1350 México: una revisión. *Rev Mex Cienc For*. 2019 Nov 29;10(56).
- 1351 11. Ashbrook AR, Mikaelyan A SC. Comparative Efficacy of a Fungal Entomopathogen with a
1352 Broad Host Range against Two Human-Associated Pests.

- 1353 12. Jaramillo GI, Pavas NC, Cárdenas JC, Gutiérrez P, Oliveros WA, Pinilla MA. *Blattella*
1354 *germánica* (Blattodea: Blattellidae) como potencial vector mecánico de infecciones
1355 asociadas a la atención en salud (IAAS) en un centro hospitalario de Villavicencio (Meta-
1356 Colombia). 2016.
- 1357 13. Ponce G, Cantú PC, Flores A, Badii M, Barragán A, Zapata R, et al. CUCARACHAS: BIOLOGÍA
1358 E IMPORTANCIA EN SALUD PÚBLICA. Nuevo Leon ; 2005.
- 1359 14. Quesada-Moraga E, Santos-Quirós R, Valverde-García P, Santiago-Álvarez C. Virulence,
1360 horizontal transmission, and sublethal reproductive effects of *Metarhizium anisopliae*
1361 (Anamorphic fungi) on the German cockroach (Blattodea: Blattellidae). *J Invertebr Pathol.*
1362 2004 Sep;87(1):51–8.
- 1363 15. MONTADA DOMINGO AND GUERRERO JA. Efectos de 3 formulaciones de insecticidas en el
1364 desprendimiento y eclosi  de las ootecas de *Blattella germanica* (Dictyoptera: Blattellidae).
1365 *Rev Cubana Med Trop [Internet].* 1996 Jul;48:83–6. Available from:
1366 [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0375-](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0375-07601996000200002&nrm=iso)
1367 [07601996000200002&nrm=iso](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0375-07601996000200002&nrm=iso)
- 1368 16. Dagoberto Guillén JAVJV. Formulación, superficie tratada y efectividad residual de
1369 clorpirif s en cucaracha alemana (dictyoptera: blatellidae) de Veracruz, México.
1370 *Agrociencia [Internet].* 2001 Jan [cited 2024 Jul 23];35(1):99–108. Available from:
1371 <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30235109>
- 1372 17. Yang R, Zhang M, Schal C, Jiang M, Cai T, Zhang F. Boric acid enhances *Metarhizium*
1373 *anisopliae* virulence in *Blattella germanica* (L.) by disrupting the gut and altering its
1374 microbial community. *Biological Control.* 2021 Jan 1;152.
- 1375 18. Ashbrook AR, Mikaelyan A, Schal C. Comparative Efficacy of a Fungal Entomopathogen with
1376 a Broad Host Range against Two Human-Associated Pests. *Insects.* 2022 Sep 1;13(9).
- 1377 19. Sharma R, Sharma P. Fungal entomopathogens: a systematic review. *Egypt J Biol Pest*
1378 *Control [Internet].* 2021 Dec 1 [cited 2024 Jan 15];31(1):1–13. Available from:
1379 <https://ejbpc.springeropen.com/articles/10.1186/s41938-021-00404-7>
- 1380 20. Bava R, Castagna F, Piras C, Musolino V, Lupia C, Palma E, et al. Entomopathogenic Fungi
1381 for Pests and Predators Control in Beekeeping. *Vet Sci [Internet].* 2022 Feb 1 [cited 2023
1382 May 7];9(2). Available from: [/pmc/articles/PMC8875931/](https://pmc/articles/PMC8875931/)
- 1383 21. Mantzoukas S, Eliopoulos PA. Endophytic Entomopathogenic Fungi: A Valuable Biological
1384 Control Tool against Plant Pests. *Applied Sciences* 2020, Vol 10, Page 360 [Internet]. 2020
1385 Jan 3 [cited 2024 Jan 12];10(1):360. Available from: [https://www.mdpi.com/2076-](https://www.mdpi.com/2076-3417/10/1/360/htm)
1386 [3417/10/1/360/htm](https://www.mdpi.com/2076-3417/10/1/360/htm)
- 1387 22. Bamisile BS, Akutse KS, Siddiqui JA, Xu Y. Model Application of Entomopathogenic Fungi as
1388 Alternatives to Chemical Pesticides: Prospects, Challenges, and Insights for Next-
1389 Generation Sustainable Agriculture. *Front Plant Sci [Internet].* 2021 Sep 30 [cited 2024 Jan
1390 8];12. Available from: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2021.741804/full>

- 1391 23. CICLO DE VIDA DE LA CUCARACHA ALEMANA – Blog Tecnoplagas XXI [Internet]. [cited 2024
1392 Apr 25]. Available from: [https://www.tecnoplagas21.es/blog/ciclo-de-vida-de-la-cucaracha-](https://www.tecnoplagas21.es/blog/ciclo-de-vida-de-la-cucaracha-alemana/)
1393 [alemana/](https://www.tecnoplagas21.es/blog/ciclo-de-vida-de-la-cucaracha-alemana/)
- 1394 24. Ortíz-Catón M, Alatorre-Rosas R, Valdivia-Bernal R, Ortíz-Catón A, Medina-Torres R, Alejo-
1395 Santiago G. Efecto de la temperatura y humedad relativa sobre el desarrollo de los hongos
1396 Entomopatógenos. *Revista Bio Ciencias* [Internet]. 2011 [cited 2024 Apr 25];1(2):53.
1397 Available from:
1398 <https://revistabiociencias.uan.edu.mx/index.php/BIOCIENCIAS/article/view/14>
- 1399 25. Tang Q, Vargo EL, Ahmad I, Jiang H, Varadinová ZK, Dovih P, et al. Solving the 250-year-old
1400 mystery of the origin and global spread of the German cockroach, *Blattella germanica*. *Proc*
1401 *Natl Acad Sci U S A* [Internet]. 2024 May 28 [cited 2024 Jul 24];121(22):e2401185121.
1402 Available from: <https://www.pnas.org/doi/abs/10.1073/pnas.2401185121>
- 1403 26. Parra Sergio. Cómo la cucaracha alemana conquistó el mundo [Internet]. 2014 [cited 2024
1404 Jul 29]. Available from: [https://www.nationalgeographic.com.es/mundo-animales/cucaracha-](https://www.nationalgeographic.com.es/mundo-animales/cucaracha-alemana-conquisto-mundo_22333)
1405 [alemana-conquisto-mundo_22333](https://www.nationalgeographic.com.es/mundo-animales/cucaracha-alemana-conquisto-mundo_22333)
- 1406 27. Cucarachas en México: calor puede provocar aumento de plagas- Grupo Milenio [Internet].
1407 [cited 2024 Jul 24]. Available from: [https://www.milenio.com/ciencia-y-salud/cucarachas-](https://www.milenio.com/ciencia-y-salud/cucarachas-mexico-calor-provocar-aumento-plagas)
1408 [mexico-calor-provocar-aumento-plagas](https://www.milenio.com/ciencia-y-salud/cucarachas-mexico-calor-provocar-aumento-plagas)
- 1409 28. 331. En México, 8.5 millones de personas viven con asma: INER | Secretaría de Salud |
1410 Gobierno | gob.mx [Internet]. [cited 2024 Jul 24]. Available from:
1411 [https://www.gob.mx/salud/prensa/331-en-mexico-8-5-millones-de-personas-viven-con-](https://www.gob.mx/salud/prensa/331-en-mexico-8-5-millones-de-personas-viven-con-asma-iner)
1412 [asma-iner](https://www.gob.mx/salud/prensa/331-en-mexico-8-5-millones-de-personas-viven-con-asma-iner)
- 1413 29. De Lourdes Mendoza-Gertrudis M, Rosas-Alvarado A, Velasco-Medina AA, Cuevas-Mora
1414 HA, Albarrán-Godínez A, Moya-Almonte MG, et al. The prevalence of sensitization to
1415 cockroaches; Experience of an allergy service. *Rev Alerg Mex*. 2020;67(3):224–36.
- 1416 30. Barbara Ogg, Clyde Ogg, Dennis Ferraro, David Jefferson. Manual Para el Control de
1417 Cucarachas [Internet]. 2007 [cited 2023 Apr 24]. Available from:
1418 <https://lancaster.unl.edu/pest/roachmanualsp3.shtml>
- 1419 31. Siddiqui R, Elmashak Y, Khan NA. Cockroaches: a potential source of novel bioactive
1420 molecule(s) for the benefit of human health. *Appl Entomol Zool* [Internet]. 2023 Feb 1
1421 [cited 2023 May 17];58(1):1–11. Available from:
1422 <https://link.springer.com/article/10.1007/s13355-022-00810-9>
- 1423 32. Adedara IA, Mohammed KA, Da-Silva OF, Salaudeen FA, Gonçalves FLS, Rosemberg DB, et
1424 al. Utility of cockroach as a model organism in the assessment of toxicological impacts of
1425 environmental pollutants. *Environmental Advances*. 2022 Jul 1;8:100195.
- 1426 33. Huval F, Reagan TE, Carlton C. German Cockroach [Internet]. 2001. Available from:
1427 www.lsuagcenter.com

- 1428 34. INTOXICACIÓN POR ORGANOFOSFORADOS [Internet]. [cited 2024 Apr 29]. Available from:
1429 http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-52562010000100009
- 1430 35. MIJAEEL HERNÁNDEZ. <https://fitosanitariosweb.com/insecticidas-piretroides/>. 2023.
1431 Insecticidas piretroides: una solución eficaz para el control de plagas.
- 1432 36. Hernández Castellanos JL, Cuervo González R, Montañez Soto JL, Hernández Castellanos
1433 ND, Pérez Vargas MA, Cruz Hernández A, et al. BIODEGRADACIÓN DE PLAGUICIDAS
1434 ORGANOFOSFORADOS Y ORGANOCOLORADOS POR *Candida tropicalis* Y *Stenotrophomonas*
1435 *maltophilia* EN MICROCOSMOS DEL SUELO. Revista Internacional de Contaminación
1436 Ambiental [Internet]. 2021 Nov 8 [cited 2023 May 22];37:553–64. Available from:
1437 <https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/53889>
- 1438 37. Nava PCC, Montenegro MMM, Quintanar AIV, Rosas CO, Zamorano HG, Cota PG, et al.
1439 Determinación de plaguicidas organoclorados en hortalizas del sur de Sonora: calidad y
1440 seguridad de los alimentos en relación a los límites máximos permitidos. Biotecnia
1441 [Internet]. 2019 Apr 1 [cited 2023 May 22];21(2):19–27. Available from:
1442 <https://biotecnia.unison.mx/index.php/biotecnia/article/view/902>
- 1443 38. Gestión de plagas | Manejo integrado de plagas y plaguicidas | Organización de las
1444 Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura | IPM and Pesticide Risk Reduction |
1445 Food and Agriculture Organization of the United Nations [Internet]. [cited 2023 Sep 26].
1446 Available from: <https://www.fao.org/pest-and-pesticide-management/ipm/integrated-pest-management/es/>
1447
- 1448 39. L. A. Rodríguez del Bosque¹ HCABTW y JFBG. Pasado, presente y perspectivas del control
1449 biológico en México. 01. 2015 Jun 1;17–29.
- 1450 40. Arnulfo Monzon. Produccion ,uso y control de calidad de hongos entomopatogenos en
1451 Nicaragua. Costa Rica; 2001.
- 1452 41. 1Frida Escamilla Barragán 2Ana Yeli Bautista García, 3Soley Berenice Nava Galicia y
1453 3Martha Bibbins Martínez*. Los Hongos Entomopatógenos, Aliados de la Agricultura
1454 Sustentable en el Control de Plagas. Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada-
1455 Instituto Politécnico Nacional. 2022 Sep;30–4.
- 1456 42. Fernando Garcia del Pino. La gestión de las plagas en Salud Ambiental: de los plaguicidas
1457 químicos al control biológico; un camino por recorrer [Internet]. 2018 [cited 2024 Jan 14].
1458 Available from:
1459 https://www.researchgate.net/publication/337196017_La_gestion_de_las_plagas_en_Salud_Ambiental_de_los_plaguicidas_quimicos_al_control_biologico_un_camino_por_recorrer
1460
- 1461 43. Andis-M. <https://cabweb.org/Features/Spotlight/spot00-3.htm>. 1994. p. 44–8 The Bio-Path
1462 cockroach control chamber uses nature to control nature’s pests.
- 1463 44. Polack LALRELSN. Control biológico de plagas en horticultura. [Internet]. Ediciones INTA.
1464 2020 [cited 2024 Jul 30]. Available from: <http://hdl.handle.net/20.500.12123/8925>

- 1465 45. Téllez-Jurado A, Cruz Ramírez MG, Mercado Flores Y, Asaff Torres A, Arana-Cuenca A.
1466 Mecanismos de acción y respuesta en la relación de hongos entomopatógenos e insectos.
1467 Revista mexicana de micología [Internet]. 2009 [cited 2024 Jan 15];30:73–80. Available
1468 from: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-31802009000200007&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
1469 [31802009000200007&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-31802009000200007&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- 1470 46. Metarhizium: Hongo endófito y entomopatógeno [Internet]. [cited 2024 Jul 30]. Available
1471 from: <https://tecnovitaca.com/metarhizium-endofito-entomopatogeno/>
- 1472 47. Yepes-Nuñez JJ, Urrútia G, Romero-García M, Alonso-Fernández S. Declaración PRISMA
1473 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. Rev Esp Cardiol
1474 [Internet]. 2021 Sep 1 [cited 2023 Nov 19];74(9):790–9. Available from:
1475 [https://www.revespcardiol.org/es-declaracion-prisma-2020-una-guia-articulo-](https://www.revespcardiol.org/es-declaracion-prisma-2020-una-guia-articulo-S0300893221002748)
1476 [S0300893221002748](https://www.revespcardiol.org/es-declaracion-prisma-2020-una-guia-articulo-S0300893221002748)
- 1477 48. Beltrán G. ÓA. Revisiones sistemáticas de la literatura. Rev Colomb Gastroenterol
1478 [Internet]. 2023 Nov 18;20:60–9. Available from:
1479 <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=337729264009>
- 1480 49. Grijalva PK, Cornejo ;, Galo E, Gómez ;, Raquel R, Real ;, et al. Herramientas colaborativas
1481 para revisiones sistemáticas. Revista Espacios [Internet]. 2019 [cited 2024 Jan 14];40, no.
1482 25. Available from: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/154046>
- 1483 50. Diferencias: Revisión Sistemática, Revisión Narrativa y Scoping Review - Revisiones
1484 sistemáticas - BiblioGuías at Biblioteca Universidad de Navarra [Internet]. [cited 2024 Feb
1485 14]. Available from:
1486 <https://bibloguias.unav.edu/revisionessistemáticas/diferenciastipologiarevisiones>
- 1487 51. Letelier S LM, Manríquez M JJ, Rada G G. Revisiones sistemáticas y metaanálisis: ¿son la
1488 mejor evidencia? Rev Med Chil [Internet]. 2005 [cited 2024 Feb 14];133(2):246–9. Available
1489 from: [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-98872005000200015&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
1490 [98872005000200015&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-98872005000200015&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- 1491 52. Grant MJ, Booth A. A typology of reviews: an analysis of 14 review types and associated
1492 methodologies. Health Info Libr J. 2009 Jun 27;26(2):91–108.
- 1493 53. SOCIEDAD MEXICANA DE CONTROL BIOLÓGICO.
- 1494 54. Manual Cochrane de revisiones sistemáticas de intervenciones | Cochrane Training
1495 [Internet]. [cited 2024 May 1]. Available from: [https://training.cochrane.org/es/manual-](https://training.cochrane.org/es/manual-cochrane-de-revisiones-sistem%C3%A1ticas-de-intervenciones)
1496 [cochrane-de-revisiones-sistem%C3%A1ticas-de-intervenciones](https://training.cochrane.org/es/manual-cochrane-de-revisiones-sistem%C3%A1ticas-de-intervenciones)
- 1497 55. Nutrición Hospitalaria. 2022 [cited 2024 Jul 31]; Available from:
1498 <http://dx.doi.org/10.20960/nh.04198>
- 1499 56. Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions | Cochrane Training
1500 [Internet]. [cited 2024 May 1]. Available from:
1501 <https://training.cochrane.org/handbook/current>

- 1502 57. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG. Preferred Reporting Items for Systematic
1503 Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *PLoS Med.* 2009 Jul 21;6(7):e1000097.
- 1504 58. Optimiza tus revisiones sistemáticas con Rayyan y su IA [Internet]. [cited 2024 Jul 25].
1505 Available from: [https://www.toolify.ai/es/ai-news-es/optimiza-tus-revisiones-sistemticas-](https://www.toolify.ai/es/ai-news-es/optimiza-tus-revisiones-sistemticas-con-rayyan-y-su-ia-1913816)
1506 [con-rayyan-y-su-ia-1913816](https://www.toolify.ai/es/ai-news-es/optimiza-tus-revisiones-sistemticas-con-rayyan-y-su-ia-1913816)
- 1507 59. Cole V, Boutet M. ResearchRabbit (product review). *Journal of the Canadian Health*
1508 *Libraries Association / Journal de l'Association des bibliothèques de la santé du Canada.*
1509 2023 Aug 1;44(2):43–7.
- 1510 60. De Ramírez AG. ¿De qué manera Research Rabbit IA puede potenciar la eficiencia y calidad
1511 en la investigación? [Internet]. 2023. Available from: [https://www.linkedin.com/pulse/de-](https://www.linkedin.com/pulse/de-qu%C3%A9-manera-research-rabbit-ia-puede-potenciar-la-y-alexandra)
1512 [qu%C3%A9-manera-research-rabbit-ia-puede-potenciar-la-y-alexandra](https://www.linkedin.com/pulse/de-qu%C3%A9-manera-research-rabbit-ia-puede-potenciar-la-y-alexandra)
- 1513 61. Bello C. Las mejores herramientas de IA para potenciar una investigación académica. 2023
1514 Nov; Available from: [https://es.euronews.com/next/2023/04/07/las-mejores-](https://es.euronews.com/next/2023/04/07/las-mejores-herramientas-de-ia-para-potenciar-una-investigacion-academica)
1515 [herramientas-de-ia-para-potenciar-una-investigacion-academica](https://es.euronews.com/next/2023/04/07/las-mejores-herramientas-de-ia-para-potenciar-una-investigacion-academica)
- 1516 62. Garciano D, Lastra M, Ruvalcaba A, Garcia A, Onofre M, Franco A. Effects of Conventional
1517 Treatment on The Composition of The Intestinal Microbiota. *International Journal Of*
1518 *Medical Science And Clinical Research Studies.* 2023 Nov;03.
- 1519 63. Utomo N, Iswarini A. Impaired Olfaction Post-Coronavirus Disease 2019: A Systematic
1520 Review of Smell Recovery Predictive Factors. *The Egyptian Journal of Otolaryngology.* 2022
1521 Nov;38.
- 1522 64. Pardal-Refoyo JL, Pardal-Peláez B. Anotaciones para estructurar una revisión sistemática.
1523 *Revista ORL.* 2020 Apr 14;11(2):155–60.
- 1524 65. Evelyn Rondon-Jara1. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03192020000400001)
1525 [03192020000400001.](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03192020000400001) 2020 [cited 2024 Apr 28]. ¿Es necesaria utilizar la declaración
1526 PRISMA en Ciencias de la Salud? Available from:
1527 http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03192020000400001
- 1528 66. Salut B. BiblioguiesUV: Revisiones sistemáticas en Ciencias de la Salud: Pregunta de
1529 investigación: modelo PICO. [cited 2024 May 28]; Available from: [https://uv-](https://uv-es.libguides.com/revisiones_sistemáticas_Salud/pregunta_inves/PICO)
1530 [es.libguides.com/revisiones_sistemáticas_Salud/pregunta_inves/PICO](https://uv-es.libguides.com/revisiones_sistemáticas_Salud/pregunta_inves/PICO)
- 1531 67. Lluís Codina. Lluís Codina. 2023 [cited 2024 May 28]. Validez de las ecuaciones de búsqueda
1532 en revisiones sistemáticas: validez relacional y lógica. Available from:
1533 <https://www.lluiscodina.com/ecuaciones-de-busqueda-operadores-booleanos/>
- 1534 68. Luis Alberto Gómez-Grosso1. *Biomédica en PubMed Central . Biomedica.* 2020 Nov 9;582–
1535 4.
- 1536 69. Artes B de B. Biblioguías UCM: Google Académico: guía básica: Google Académico como
1537 buscador. [cited 2024 May 29]; Available from: [https://biblioguias.ucm.es/google-](https://biblioguias.ucm.es/google-academico/google-academico-como-buscador)
1538 [academico/google-academico-como-buscador](https://biblioguias.ucm.es/google-academico/google-academico-como-buscador)

- 1539 70. Khaksar MR Kababian M FRSAVHSM. Possible Synergistic Effect of Combined *Metarhizium*
1540 *anisopliae* and Fenitrothion for Control of German Cockroach (*Blattella germanica*) as a
1541 Novel Approach.
- 1542 71. Zurek L, Watson DW, Schal C. Synergism between *Metarhizium anisopliae* (Deuteromycota:
1543 Hyphomycetes) and boric acid against the German cockroach (Dictyoptera: Blattellidae).
1544 *Biological Control*. 2002;23(3):296–302.
- 1545 72. Pachamuthu P KST. In vivo study on combined toxicity of *Metarhizium anisopliae*
1546 (Deuteromycotina: Hyphomycetes) strain ESC-1 with sublethal doses of chlorpyrifos,
1547 propetamphos, and cyfluthrin against German cockroach (Dictyoptera: Blattellidae).
- 1548 73. Zurita-Cruz JN, Villasís-Keever MÁ, Zurita-Cruz JN, Villasís-Keever MÁ. Principales sesgos en
1549 la investigación clínica. *Rev Alerg Mex* [Internet]. 2021 [cited 2024 Sep 5];68(4):291–9.
1550 Available from: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-91902021000400291&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
1551 [91902021000400291&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-91902021000400291&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- 1552 74. Tipos de sesgos - Revisiones sistemáticas en Ciencias de la Salud - BiblioguiesUV at
1553 Universitat de València [Internet]. [cited 2024 Sep 5]. Available from: [https://uv-](https://uv-es.libguides.com/revisiones_sistematicas_Salud/evaluacion/sesgos)
1554 [es.libguides.com/revisiones_sistematicas_Salud/evaluacion/sesgos](https://uv-es.libguides.com/revisiones_sistematicas_Salud/evaluacion/sesgos)
- 1555 75. Zhang, X. C., Li, X. X., Gong, Y. W., Li, Y. R., Zhang, K. L., Huang, Y. H., & Zhang, F. (2018).
1556 Isolation, Identification, and Virulence of a New *Metarhizium anisopliae* Strain on the
1557 German Cockroach. *Journal Of Economic Entomology*. <https://doi.org/10.1093/jee/toy280>
- 1558 76. Quesada-Moraga E Santos-Quirós R VGPSAC. Virulence, horizontal transmission, and
1559 sublethal reproductive effects of *Metarhizium anisopliae* (Anamorphic fungi) on the
1560 German cockroach (Blattodea: Blattellidae).
- 1561 77. Gutierrez, A. C., Biowski, M. G., Pennisi, M., Peterson, G., Garcia, J. J., Manfrino, R. G., &
1562 Lastra, C. C. L. (2015). Cuticle Fatty Acid Composition and Differential Susceptibility of Three
1563 Species of Cockroaches to the Entomopathogenic Fungi *Metarhizium anisopliae*
1564 (Ascomycota, Hypocreales). *Journal Of Economic Entomology*, 108(2), 752-760.
1565 <https://doi.org/10.1093/jee/tou096>
- 1566 78. Lopes RB ASB. Differential susceptibility of adults and nymphs of *Blattella germanica* (L.)
1567 (Blattodea: Blattellidae) to infection by *Metarhizium anisopliae* and assessment of delivery
1568 strategies.
- 1569 79. Gutierrez AC, Go biowski M, Pennisi M, Peterson G, Garcia JJ, Manfrino RG, et al. Cuticle
1570 Fatty Acid Composition and Differential Susceptibility of Three Species of Cockroaches to
1571 the Entomopathogenic Fungi *Metarhizium anisopliae* (Ascomycota, Hypocreales). *J Econ*
1572 *Entomol*. 2015 Apr 1;108(2):752–60.
- 1573