

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Validación de productos biológicos y químicos para el control de *Periplaneta americana* en fase juvenil

POR

Priscila López López

T E S I S

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL TÍTULO DE:**

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

TORREÓN, COAHUILA

FEBRERO 2023

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRÓNOMICAS

Validación de productos biológicos y químicos para el control de *Periplaneta americana* en fase juvenil

POR:

Priscila López López

TESIS

**QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

APROBADA POR:



**Dr. José Abraham Obrador Sánchez
Presidente**



**Dr. Antonio Castillo Martínez
Vocal**



**M.C. Sergio Hernández Rodríguez
Vocal**



**M.E. Javier López Hernández
Vocal suplente**
Universidad Agraria
ANTONIO NARRO



**Dr. José Isabel Márquez Mendoza
Coordinador de la División de Carreras Agrícolas**
DIVISIÓN DE LA DIVISIÓN
DE CARRERAS AGRÓNOMICAS



TORREÓN, COAHUILA.

FEBRERO 2023.

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRÓNOMICAS

Validación de productos biológicos y químicos para el control de *Periplaneta americana* en fase juvenil

POR:

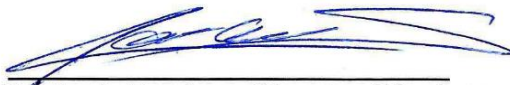
Priscila López López

TESIS

**QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL COMITÉ DE ASESORÍA COMO
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

APROBADA POR



Dr. José Abraham Obrador Sánchez
Asesor Principal



Dr. Antonio Castillo Martínez
Asesor



M.C. Sergio Hernández Rodríguez
Asesor



M.E. Javier López Hernández
Asesor
Universidad Autónoma Agraria
ANTONIO NARRO



Dr. José Isabel Márquez Mendoza
Coordinador de la División de Carreras Agronómicas

**COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN
DE CARRERAS AGRÓNOMICAS**

TORREÓN, COAHUILA.

FEBRERO 2023.

DEDICATORIA

A mis padres

Pedro López Carmona y Patricia López García, por la confianza y el apoyo incondicional que me brindaron durante el transcurso de mi carrera. Además, por ser un gran ejemplo a seguir y darme la motivación que necesitaba, muchos de mis logros se los debo a mis queridos padres y este es uno de ellos.

A mis hermanos

Pedro David López López, Ulises López López, Yisell López López y David López López, por su apoyo, consejos y cariño para que no me desanimará a lo largo de mi carrera. Los quiero mucho.

A mis amigos.

Aurora Vásquez Vásquez, Anahí Ruíz Sarmiento, Lizbeth García Lorenzo y Huber Castro Martínez, por estos grandiosos años que pasamos como compañeros de carrera, por sus consejos y por todo el apoyo que recibí por parte de ustedes. Fueron mis hermanos de otra mamá.

AGRADECIMIENTOS

A mi Alma Mater, la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** por haberme aceptado y formarme durante mis años de estudio, además de haber podido establecer contacto con grandes profesores y académicos de la institución.

Al **Departamento de Parasitología** por apoyar a las diferentes generaciones de estudiantes que cubren la carrera de ingeniero agrónomo parasitólogo.

Al **Dr. José Abraham Obrador Sánchez**, por darme la oportunidad de trabajar a su lado, además de guiarme durante todo el proceso de realización de la tesis, tanto lo experimental como lo escrito. También por ayudarme con los nuevos aprendizajes que generé gracias a sus enseñanzas.

Al **Dr. Antonio Castillo Martínez**, por estar presente durante el proceso de la tesis, por ser un guía para el desarrollo del experimento, así como ser parte del jurado durante el examen profesional.

Al **M.C. Sergio Hernández Rodríguez**, gracias por los conocimientos, dados adquiridos durante los años de la carrera y el desarrollo de esta investigación.

Al **M.E. Javier Lopez Hernández**, gracias por los conocimientos, dados y adquiridos durante los años de la carrera. Así como también por los consejos que me dio y aparte de ser un buen profesor ser un gran amigo.

A la **Ing. Gabriela Muñoz Dávila**, por formar parte de la realización de la tesis y además por brindar su servicio cuando era un estudiante. También por su amistad y buen trato conmigo y los demás estudiantes.

Al **Ing. Didier Aguilera Ordaz**, por su apoyo, conocimiento y compañerismo en el laboratorio y por ser un buen amigo incondicional.

Al **Dr. Francisco Javier Sánchez Ramos**, por ser parte de mi formación académica, que estuvo como mi consejero desde mis inicios de la carrera hasta el final.

A mis profesores de carrera que me formaron e impartieron sus conocimientos.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS	ii
RESUMEN	viii
I.INTRODUCCIÓN	1
1.1 OBJETIVO GENERAL:.....	2
1.2 OBJETIVOS PARTICULARES:.....	2
1.3 HIPÓTESIS	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 Origen y evolución de <i>P. americana</i>	3
2.2 Importancia de las cucarachas.....	4
2.2.1 Importancia en la salud pública.....	5
2.2.2 Importancia ecológica	5
2.3 Plagas urbanas del género <i>Periplaneta</i>	6
2.3.1 <i>Periplaneta americana</i> (Linnaeus)	6
2.3.2 <i>Periplaneta australasiae</i> (Fabricius).....	6
2.3.3 <i>Periplaneta fuliginosa</i> (Serville).....	6
2.4 Géneros de cucarachas más importantes.....	6
2.4.1 Cucaracha Alemana (<i>Blatella germanica</i>).....	7
2.4.2 Cucaracha Oriental (<i>Blatta orientalis</i>)	8
2.4.3 Cucaracha americana (<i>Periplaneta americana</i>).....	8
2.5 Historia de <i>P. americana</i>	9
2.5.1 Taxonomía de <i>Periplaneta americana</i> L.....	10
2.5.2 Biología y hábitos de <i>Periplaneta americana</i> L.	11
2.5.3 Ciclo biológico	12

2.5.4 Etología de <i>P. americana</i>	13
2.6 Productos utilizados para el control de <i>P. americana</i> L.....	13
2.6.1 Control químico	13
2.6.2 Cebos.....	14
2.6.3 Polvos	16
2.6.4 Polvos Humectantes (PH).....	16
2.6. 5 concentrado Emulsionable (CE).....	16
2.6.6 Aerosoles	16
2.7.1 Control biológico	18
2.8 Hongos entomopatógenos en cucarachas.	20
2.8.1 <i>Myrothecium verrucaria</i>	21
2.8.2 <i>Beauveria Bassiana</i>	22
2.8.3 <i>Paecilomyces lilacinus</i>	24
III MATERIALES Y MÉTODOS	26
3.2 EXPERIMENTO BIOLÓGICO	26
3.3 Impregnación directa de cucarachas.....	29
IV RESULTADOS.....	32
V CONCLUSIÓN	38
VI REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Cucaracha fósil del Carbonífero de Francia. (Wattenwyl, 1882).	3
Figura 2 <i>Periplaneta americana</i> . (Lake Jackson, 2006)	4
Figura 3 Orden Blattodea. (Zhan, 2022).....	5
Figura 4 Cucaracha alemana. (Eduard Toldrán, 2022).	7
Figura 5 Cucaracha Oriental. (Beccaloni, 2014).....	8
Figura 6 Cucaracha <i>Periplaneta americana</i> (Bennett et al., 2012).....	9
Figura 7 Cómo se reproducen las cucarachas. (Samson, 1998).....	12
Figura 8 Control químico en cucarachas. (Elia Tabuenca, 2017).....	14
Figura 9 Aplicación de cebos. (Elia Tabuenca, 2017)	15
Figura 10 Control biológico en <i>Periplaneta americana</i> con el hongo <i>Metarhizium anisopliae</i> (Gabriela, 2022).	21
Figura 11 <i>Myrothecium verrucaria</i> . (Gutiérrez, A. 2015).	22
Figura 12 <i>Grasshoppers Melanoplus</i> sp (Stefan Jaronski, 2022).....	24
Figura 13 Nematicida biológico a base de <i>Paecilomyces lilacinus</i> . (César Frank, 2004).....	25
Figura 14 Colecta de cucarachas de drenaje (<i>Periplaneta americana</i>).....	26
Figura 15 Colecta de cucarachas de drenaje (<i>Periplaneta americana</i>).....	26
Figura 16 Puesta de especímenes en cajas Petri.	27
Figura 17 Establecimiento de experimento vía ingestión en <i>Periplaneta americana</i>	27
Figura 18 Establecimiento de experimento vía ingestión control 1 – Testigo.....	28
Figura 19 Establecimiento de experimento vía ingestión control 2- <i>Myrothecium verrucaria</i>	28
Figura 20 Establecimiento de experimento vía ingestión control 3 - <i>Beauveria bassiana</i>	28

Figura 21 Establecimiento de experimento Vía ingestión control 4 - <i>Paecilomyces lilacinus</i>	28
Figura 22 Soluciones de <i>Beauveria bassiana</i> , <i>Myrothecium verrucaria</i> , <i>Paecilomyces lilacinus</i>	30
Figura 23. Impregnación directa en cucarachas <i>P. americana</i>	30
Figura 24 Aplicación de H24 casa y jardín en <i>Periplaneta americana</i>	31
Figura 25 H24 poder total en <i>Periplaneta americana</i>	31
Figura 26 Aplicación de químicos en <i>P. americana</i>	35
Figura 27 Aplicación de H24 poder total en <i>P. americana</i>	35

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Distribución de los tratamientos vía ingestión en <i>P. americana</i>	29
Tabla 2.- Distribución de los tratamientos por impregnación directa.	29
Tabla 3. – Resultados de los tratamientos vía ingestión a los 41 días (<i>P. americana</i>) en estado ninfal	32
Tabla 4. – Resultados de los tratamientos, impregnación directa a los 26 días (<i>P. americana</i>) en estado ninfal.	32
Tabla 5. -Producto químico para el control de cucarachas (<i>P. americana</i>) en estado ninfal.....	33
Tabla 6. -Producto químico para el control de cucarachas (<i>P. americana</i>) en estado ninfal.....	33
Tabla 7. -Producto químico para el control de cucarachas (<i>P. americana</i>) en estado ninfal.....	34
Tabla 8.- Promedio de tiempo de muerte en ninfas de <i>Periplaneta americana</i>	37

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1.- Tiempo de muerte en minutos del tratamiento 1 (<i>P. americana</i>) en estado ninfal.....	35
Gráfico 2.- Tiempo de muerte en minutos del tratamiento 2 (<i>P. americana</i>) en estado ninfal.....	36
Gráfico 3.- Tiempo de muerte en minutos del tratamiento 3 (<i>P. americana</i>) en estado ninfal.....	36
Gráfico 4.- Promedio de tiempo de muerte en (<i>P. americana</i>) en estado ninfal.	37

RESUMEN

En zonas urbanas es común utilizar insecticidas o plaguicidas para combatir la infestación de insectos que afectan la salud pública. Una de las plagas más difíciles de controlar son las cucarachas, por sus múltiples capacidades de adaptación y resistencia a métodos de control. Se evaluó el uso de productos biológicos; *Myrothecium verrucaria*, *Beauveria bassiana* y *Paecilomyces lilacinus* vía ingestión y en contacto directo en cucarachas juveniles. Las cucarachas se recolectaron en registros de drenaje de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro - UL, en el municipio de Torreón, Coahuila como alternativa para el control biológico de la cucaracha *Periplaneta americana*, una cucaracha común en las viviendas y que son un peligro inminente para la salud pública. Los productos biológicos *Beauveria bassiana*, *Myrothecium verrucaria* y *Paecilomyces lilacinus*, tuvieron un efecto negativo sobre la mortalidad en cucarachas en estado ninfa. Los productos químicos utilizados mostraron diversos efectos positivos de mortalidad en las cucarachas en estado ninfal; siendo el tratamiento 2 (H24 Poder total: Propoxur, Praletina y Deltametrina) el más eficaz en cuanto a tiempo de mortalidad al emplearse en ninfas de cucarachas *Periplaneta americana*.

Palabras clave: Control biológico, *Periplaneta americana*, *Myrothecium verrucaria*, *Beauveria bassiana*, *Paecilomyces lilacinus*

I. INTRODUCCIÓN

Las cucarachas pertenecen a uno de los grupos de insectos mejor conocidos y más antiguos; tienen la característica de adaptarse a una gran variedad de hábitats. Aparecieron en el periodo cambriano y los registros fósiles más antiguos las datan de 340 millones de años. Las cucarachas son consideradas como un grupo sinantropico debido a la estrecha relación existente con el hombre, la cual data de que este último habitaba las cavernas. Actualmente se conocen cerca de 3,500 especies; siendo la mayoría de las regiones tropicales. Presentan una gran variedad de formas, tamaños, colores y hábitat en los que subsisten, siendo solo unas cuantas las que representan importancia en salud pública. En la actualidad se conocen 45 patógenos que pueden transmitir de manera mecánica, hallando principalmente bacterias, hongos, protozoarios, helmintos y virus (Ramírez, 2013).

Para el cuidado del medio ambiente se necesitan tecnologías ecológicas, que eviten que las plagas sean un problema para la salud pública. El uso de plaguicidas es muy frecuente para plagas como la cucaracha, pero constituye uno de los principales problemas para el medio ambiente y las personas que los manipulan. *Periplaneta americana* se considera una plaga para la salud pública porque organismos como las bacterias, se pueden establecer en el cuerpo de las cucarachas, propagarse en la comida y causar enfermedades. Transmiten enfermedades de tipo digestivo como la gastroenteritis; provocando náuseas, dolores abdominales, vómito, diarrea, disentería y otras enfermedades. El excremento y mudas contienen alérgenos que afectan los ojos y la piel de los seres humanos (Ponce, 2005).

Las cucarachas se recolectaron en registros de drenaje de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro - UL, en el municipio de Torreón, Coahuila. En el presente trabajo se buscó una alternativa ecológica y eficiente para el control de las cucarachas *Periplaneta americana* con el uso de productos biológicos, se evaluaron

el hongo *Myrothecium verrucaria*, *Beauveria bassiana* y *Paecilomyces lilacinus* vía ingestión y en contacto directo en cucarachas juveniles (*P. americana*).

1.1 OBJETIVO GENERAL:

Evaluar el efecto de tres productos en fase juvenil de *Periplaneta americana* L. para determinar la eficacia de los entomopatógenos.

1.2 OBJETIVOS PARTICULARES:

Colectar especímenes en estado ninfal de *P. americana* en registros de drenaje.

Diseñar y establecer el experimento con los tres tratamientos en el laboratorio de Parasitología.

Evaluar el efecto de los tratamientos establecidos con productos a base de entomopatógenos.

1.3 HIPÓTESIS

Hipótesis afirmativa: Los productos entomopatógenos tienen un efecto positivo en el control de ninfas de cucarachas *Periplaneta americana* L.

Hipótesis nula: Los productos entomopatógenos tienen efecto en el control de ninfas de cucarachas *Periplaneta americana* L.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Origen y evolución de *P. americana*

Entre todos los insectos, el más común es la cucaracha, los fósiles encontrados son evidencia de que las cucarachas han existido por más de 300 millones de años. Son consideradas como uno de los grupos de animales más exitosos. Debido a que las cucarachas se adaptan fácilmente al medio ambiente, se han ajustado exitosamente a vivir con los humanos. Existen cerca de 3,500 especies de cucarachas alrededor del mundo, de las cuales 55 especies se encuentran en Estados Unidos; solo cuatro especies son plagas comunes, estas son: la cucaracha alemana, la de banda marrón, la oriental y americana. Una quinta especie, la cucaracha de madera de Pennsylvania, en ocasiones es una plaga molesta en ciertos lugares (Hernández, 2022).

Los primeros fósiles parecidos a blatodeos datan del periodo Carbonífero, hace 355–295 millones de años; estos fósiles difieren de los blatodeos modernos en que disponen de un largo ovipositor y son los ancestros de los mantodeos, así como de las cucarachas actuales. Los primeros fósiles de blatodeos modernos con oviscapto interno aparecen al comienzo del Cretácico (Hernández, 2022).



Figura 1 Cucaracha fósil del Carbonífero de Francia. (Wattenwyl, 1882).

2.2 Importancia de las cucarachas

La cucaracha americana o cucaracha roja (*Periplaneta americana*) es una especie de insecto blatodeo de la familia Blattidae. Su origen se halla en África tropical, aunque reciba el nombre de “americana” al ser este lugar donde se identificó por primera vez el espécimen. Tiene un color rojizo y un tamaño medio de 4 cm, siendo una de las de mayor tamaño dentro de las cucarachas consideradas plagas urbanas (junto a *Blatta orientalis* y *Blattella germanica*). En condiciones óptimas, las hembras pueden vivir de 14 a 20 meses, algo más que los machos (Zhan, 2022).



Figura 2 *Periplaneta americana*. (Lake Jackson, 2006)

Esta especie presenta dimorfismo sexual. La hembra es más grande que el macho, tienen el abdomen más ancho y fuerte, provisto de cercos. Por el contrario, los machos tienen el abdomen mucho más alargado, provisto de cercos y estilos. Tanto el macho como la hembra tienen alas y el dimorfismo se refleja en su diferente longitud. En los machos, las alas sobrepasan el abdomen, mientras que en las hembras tienen prácticamente la misma longitud. Por eso los machos pueden realizar pequeños vuelos (un par de metros) planeando. En ambos casos, las cucarachas americanas están provistas de tegminas. Generalmente se alimentan de materiales en descomposición, restos de comida, cadáveres, etc. En casos de

necesidad, pueden alimentarse de pegamentos, jabones, papeles o telas (Zhan, 2022).

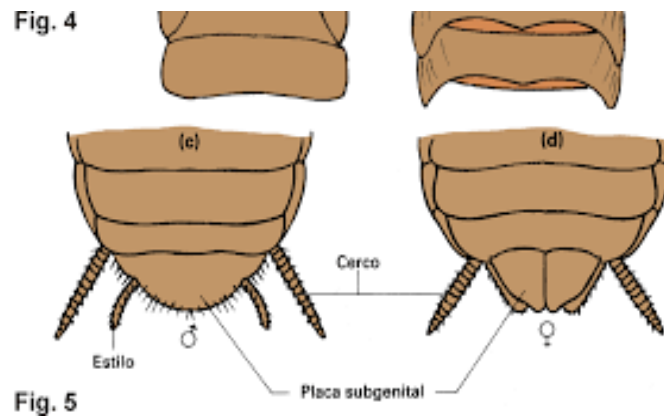


Figura 3 Orden Blattodea. (Zhan, 2022)

2.2.1 Importancia en la salud pública

Las cucarachas son vectores mecánicos de importancia en salud pública, por ser portadoras de microorganismos patógenos para el hombre. Las especies de mayor importancia en el continente americano son *Periplaneta americana* y *Blattella germanica*. Las cucarachas pueden transmitir agentes patógenos como bacterias, hongos, helmintos, protozoarios y virus de manera mecánica; causando disenterías, gastroenteritis y neumonías, entre otras. Además, se ha relacionado las reacciones de tipo alérgicas en humanos con la presencia de heces fecales, saliva, cutícula y huevos de las cucarachas en individuos susceptibles (Buenrostro, 2012).

2.2.2 Importancia ecológica

Estos insectos carroñeros se alimentan de materia orgánica en descomposición. Proporcionan una gran fuente de alimento para muchas otras especies en el ecosistema, como algunos artrópodos carnívoros, aves y ratas; mientras que como depredador consumen chinches e incluso huevos de plagas agrícolas, liberan nitrógeno en el suelo o en sus depredadores, por lo que también juegan un papel importante en el ciclo de este elemento químico. La existencia de la cucaracha mantiene la cadena alimenticia de diferentes especies en el ecosistema" (Zhan, 2022).

2.3 Plagas urbanas del género *Periplaneta*

La cucaracha marrón o cucaracha café (*Periplaneta brunnea*) es una especie de insecto blatodeo del género *Periplaneta*, ubicado en la familia de los blátidos. Es una de las cucarachas que es posible encontrar habitando dentro de viviendas en gran parte del mundo, donde causa diversos trastornos, transmite graves enfermedades a los humanos y animales domésticos. Por su alto potencial reproductivo se adapta a entornos diversos y su facilidad para esconderse en pequeños espacios de difícil acceso, dificulta su detección y control; por ello se considera como una plaga urbana (Bennett *et al.*, 2012).

2.3.1 *Periplaneta americana* (Linnaeus)

Es probablemente la especie más cosmopolita, su hábitat es muy amplio y variable. A pesar de su nombre, la cucaracha americana no es nativa de Norteamérica, probablemente fue introducida desde África por embarcaciones y de esa manera se diseminó por todo el mundo (Domínguez *et al.*, 1994).

2.3.2 *Periplaneta australasiae* (Fabricius)

Esta especie se parece a la cucaracha americana en tamaño, apariencia y hábitos, pero no es tan tolerante al frío. Aunque su distribución mundial, se encuentra principalmente en el sur de Estados Unidos (Jaramillo *et al.*, 1996).

2.3.3 *Periplaneta fuliginosa* (Serville)

El foco primario de esta especie es el sureste de los Estados Unidos, se puede encontrar en huecos de árboles, doseles de palmas, material de coberturas sueltos como las hojas, corteza de pino y montículos de madera (Torres *et al.*, 2006).

2.4 Géneros de cucarachas más importantes

Los tres principales tipos de cucarachas que se encuentran en México incluyen la cucaracha alemana, cucaracha oriental y cucaracha americana.

2.4.1 Cucaracha Alemana (*Blattella germanica*)

La cucaracha rubia o alemana (*Blattella germanica*) es una especie de insecto blatodeo de la familia Blattellidae. Los ejemplares miden aproximadamente de 1,3 a 1,6 cm. Vive asociada a las viviendas humanas y es una plaga que se ha extendido por todos los continentes excepto en la Antártida. Al igual que el resto de cucarachas es de hábitos nocturnos, al ser muy delgadas encuentran refugio en cualquier rendija estrecha, les gustan las zonas calientes y con cierta humedad; también se las conoce como “cucarachas del café” ya que la máquina del café es uno de sus refugios favoritos. Si ve ejemplares de cucaracha alemana durante el día significa que puede tener una muy grave infestación. Las cucarachas alemanas producen secreciones olorosas que pueden afectar el sabor de varias comidas, cuando las poblaciones de cucarachas son altas, estas secreciones resultan en un olor característico en la región que está infestada. Organismos infecciosos, como bacterias, protozoarios y virus, se han encontrado en los cuerpos de las cucarachas. Diferentes formas de gastroenteritis (envenenamiento de comida, disentería, diarrea y otras enfermedades) aparentan ser las principales enfermedades transmitidas por las cucarachas alemanas. Los organismos son cargados en las patas o cuerpo de las cucarachas, son depositados en las comidas y utensilios cuando van en busca de alimento. El excremento y exuvias desechados por las cucarachas contienen patógenos que ocasionan reacciones alérgicas como sarpullido en la piel, ojos llorosos, congestión nasal, asma y estornudos (Toala-Acosta. 2016).



Figura 4 Cucaracha alemana. (Eduard Toldrán, 2022).

2.4.2 Cucaracha Oriental (*Blatta orientalis*)

La cucaracha negra, oriental, común o del Viejo Mundo (*Blatta orientalis*) es una especie de insecto blatodeo de la familia Blattidae. Es nativa de Europa, desde donde se propagó al resto del mundo acompañando a los viajeros y exploradores. Mide 2,5 cm de largo en su madurez. Las tonalidades van del café oscuro a negro y tiene un cuerpo brillante. Presenta dimorfismo sexual; los machos poseen dos alas largas de color marrón que cubren la mayoría de su cuerpo, que es más estrecho que el de la cucaracha común hembra. Ni la cucaracha macho ni la hembra pueden volar, aunque esta última aparte de un cuerpo más ancho que el del macho, parece no tener alas por ser muy cortas e inútiles, visibles debajo de su cabeza. Su hábitat ideal lo encuentran en zonas húmedas como sótanos, arquetas y alcantarillas, de ahí pasan a las viviendas y empresas a través de canales, desagües y cámaras de aire. Resisten temperaturas más bajas que otras especies por lo que pueden vivir en refugios a la intemperie. Un signo de la presencia de cucarachas son las ootecas que contienen hasta 16 huevos, como es el caso de las cucarachas orientales. Puede resultar difícil deshacerse de esta especie, aunque los adultos mueren con facilidad aplicándoles insecticida, pero cada dos meses las hembras incuban nuevas ninfas (Toala-Acosta. 2016).



Figura 5 Cucaracha Oriental. (Beccaloni, 2014)

2.4.3 Cucaracha americana (*Periplaneta americana*)

Es una especie muy prolífica y en los últimos años ha desplazado a la cucaracha oriental en la costa mediterránea, atlántica andaluza y en Canarias,

donde es una plaga muy extendida. Buscan zonas húmedas, oscuras y cálidas para desarrollarse y colonizar. Suelen subir a zonas altas y desde allí se lanzan planeando a otras zonas (Toala-Acosta, 2016).



Figura 6 Cucaracha *Periplaneta americana* (Bennett et al., 2012).

2.5 Historia de *P. americana*

La cucaracha americana fue llamada primero *Blatta americana* por Linneo en 1758 y fue incluida en el género *Periplaneta* por Burmeister en 1838. Linneo situó erróneamente su origen en el continente americano de acuerdo a lo que se pensaba en la época. Esto era una consecuencia lógica al observar los barcos llegados de aquel continente llenos de cucarachas. Sin embargo, hoy sabemos que es originaria de la zona tropical de África. Uno de los insectos más comunes es la cucaracha *Periplaneta americana*, se han encontrado fósiles evidenciando que las cucarachas han existido más o menos desde hace 300 millones de años. Son uno de los grupos de animales más exitosos, debido a que las cucarachas se adaptan fácilmente al medio ambiente en el que están y se adaptan con facilidad a vivir junto con los humanos. También son uno de los insectos que más se encuentran alrededor del mundo, con cerca de 3,500 especies de cucarachas. La cucaracha americana o cucaracha roja (*Periplaneta americana*) es una especie de insecto blatodeo de la familia Blattidae. Su origen se halla en África tropical, aunque reciba el nombre de “americana” al ser este lugar donde se identificó por primera vez el espécimen. Tiene un color rojizo y puede llegar a medir hasta 40 mm, siendo una de las de

mayor tamaño dentro de las cucarachas consideradas plagas urbanas, (junto a *Blatta orientalis* y *Blattella germanica*). En condiciones óptimas, las hembras pueden vivir de 14 a 20 meses, algo más que los machos (Jorge, 2010).

En el globo terráqueo existen actualmente alrededor de 4,500 especies de cucarachas, de las que solamente 25 taxones se encuentran asociadas o adaptadas a los ambientes transformados por el ser humano. Dentro de las cucarachas con hábitos peridomésticos y domésticos, destaca *Periplaneta americana* (Blattidae) denominada comúnmente cucaracha americana, la cual posee una distribución cosmopolita y es la cucaracha de mayor tamaño que invade los recintos humanos, especialmente en el área urbana. La avidez y atracción de las cucarachas sinantrópicas y particularmente *P. americana*, para alimentarse sobre una gran variedad de sustratos, incluyendo alimentos, basura y/o excretas, las ponen en contacto con microorganismos patógenos, tales como virus, hongos, bacterias, protozoos y/o helmintos; actuando como transportadores mecánicos o foréticos de estos microorganismos patógenos, ya sea en su tegumento y/o intestinos. Como todo insecto posee un exoesqueleto donde se encuentran los agentes patógenos, así mismo, en su anatomía interna las cucarachas tienen estructuras que contribuyen a transmitir elementos o factores contaminantes; en efecto, dentro de sus glándulas salivales, el tracto gastrointestinal y el sistema excretor pueden al menos permanecer viables numerosos tipos de organismos patógenos, que pueden diseminarse con sus vómitos, saliva y excremento (Rust *et al.*, 1991).

2.5.1 Taxonomía de *Periplaneta americana* L (Triplehorn y Johnson, 2005).

Dominio: Eukarya

Reino: Animalia

Phyllum: Arthropoda

Subphyllum: Atelocerata

Clase: Hexapoda

Orden: Blattodea

Familia: Blattidae

Género: *Periplaneta*

Especie: *P. americana* L

2.5.2 Biología y hábitos de *Periplaneta americana* L.

La cucaracha americana es la más grande de las especies, a menudo, esta especie abunda en los vertederos municipales y son muy comunes en los sótanos y túneles de vapor de restaurantes, reposterías y comidas procesadas. La cucaracha *Periplaneta americana* se caracteriza por ser una especie grande, los adultos tienen un tamaño que van desde los 34 a los 53 mm de largo, son de color rojizo-marrón con variaciones substanciales en patrones de coloración claro a oscuro, en la superficie superior del pronoto tiene una franja marrón-amarillo. Ambos, machos y hembras tienen alas completas; a diferencia de las hembras, las alas de los machos se extienden un poco después del abdomen. Las ninfas son similares en apariencia, pero más pequeñas y no tienen alas. Dentro de las viviendas u otros edificios, las ninfas y formas adultas se encuentran en las áreas oscuras, cálidas y húmedas de los sótanos u otros espacios. Se mueven alrededor de bañeras, cestas, drenajes y conductos. Además, son comunes alrededor de las entradas de las aperturas de inspección de cloacas y la parte de abajo de las tapas de metal, sobre grandes sumideros. En el norte, esta cucaracha se encuentra en túneles de vapor. Se han observado emigrar de un edificio a otro durante los meses cálidos; en ocasiones, infestan basureros donde pueden sobrevivir los inviernos con el calor generado por la basura. Las cucarachas americanas consumen una variedad de alimentos, con una preferencia aparente a materia orgánica descompuesta. Los adultos pueden sobrevivir sin comida dos a tres meses, pero solo un mes sin agua (Wei *et al.*, 2005; Laupraset *et al.*, 2010).

2.5.3 Ciclo biológico

La cucaracha americana tiene tres etapas de desarrollo: huevo, ninfa y adulto.

Ooteca: *P. americana* presenta una cápsula de huevos color rojizo a café oscuro, de 8 a 10 mm de longitud. Cada hembra produce de 6 a 14 ootecas y en cada una contiene de 14 a 16 huevos, estas las dejan caer o las pegan en áreas calientes y protegidas, cerca de la comida. Una capsula de huevos se puede formar en una semana, por lo que 12 a 24 cápsulas se pueden producir durante los meses cálidos donde el clima permite que vivan en el exterior; las ootecas se pueden encontrar en la madera húmeda, aunque las hembras producen cápsulas de huevos durante todo el año, ovipositan más durante el verano (Randall, 1998).

Ninfas: cuando los huevos eclosionan dan origen a las ninfas, mudan 13 veces en los 18 meses, antes de llegar a la etapa adulta. Después de la eclosión del huevo sale la ninfa y es de color gris; después de su primera muda, son de color marrón rojizo como los adultos, dependiendo de la temperatura pueden tardar de 6 a 20 meses para madurar (Randall, 1998).

Adultos. Miden aproximadamente entre 3.4 a 5.3 cm de longitud, son de color marrón rojizo; excepto por una banda submarginal de color pálido a amarillento alrededor del borde del escudo del pronoto, el último segmento del cerco es por lo menos dos veces más largo que ancho; ambos sexos son alados, las alas de los machos se extienden más allá de la punta del abdomen, mientras que las hembras no (Randall, 1998).

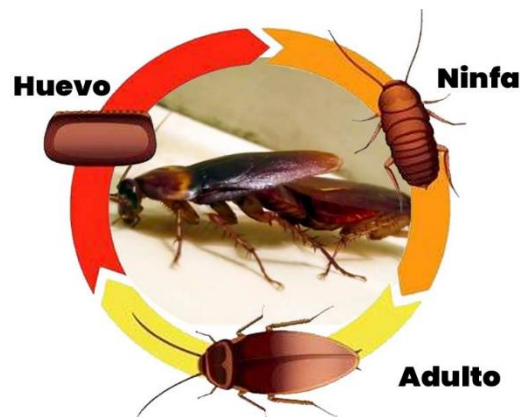


Figura 7 Cómo se reproducen las cucarachas. (Samson, 1998).

2.5.4 Etología de *P. americana*

Huyen de la luz y del ruido, por lo que se les encuentra de preferencia en lugares oscuros, tranquilos, húmedos y cálidos (sótanos, interior de calefactores, motor de refrigeradores, zócalos, interruptores, etc.). Se pueden distinguir tres fases en su ciclo de vida: huevo, ninfa y adulto. Su capacidad de adaptación y supervivencia es extraordinaria y ha dado origen a diversas leyendas. Algunas cucarachas son de gran tamaño, como la *Periplaneta americana*, típica de los puertos. Es originaria del Norte de África y se ha adaptado por todo el mundo, se calcula que un 10% de las casas humanas está habitado por estas cucarachas! (Wei *et al.*, 2005; Laupraset *et al.*, 2010).

2.6 Productos utilizados para el control de *P. americana* L.

La cucaracha urbana *Periplaneta americana* L. es un vector mecánico de muchos patógenos microbianos en humanos. Su principal control es con insecticidas químicos y en menor grado por bioinsecticidas, incluyendo hongos entomopatógenos (Pai *et al.*, 2005).

2.6.1 Control químico

Para su control se aplican plaguicidas químicos, pero se ha comprobado el desarrollo de resistencia a éstos, por lo que se dificulta su control, además de ser tóxicos al hombre, al ambiente e insectos no blanco. El control con químicos inorgánicos, en su mayoría desecadores, es adecuado y poco tóxico, pero de baja residualidad (Cochran, 1989). El uso de hongos entomopatógenos en el control de plagas urbanas ha sido enfocado a aquellas especies de importancia dentro de la Salud Pública. Entre los ingredientes empleados, se pueden mencionar los elaborados a base de químicos orgánicos, como la hidrametilona, sulfluramidas y abamectina, por lo que su uso queda limitado hasta que las especies de cucarachas ya no sean susceptibles a este tipo de control. El alto grado de toxicidad, así como los efectos perjudiciales al ambiente y la rápida aparición de resistencia, ha abierto el panorama al uso de nuevas alternativas menos nocivas (Cochran, 1989).



Figura 8 Control químico en cucarachas. (Elia Tabuenca, 2017)

2.6.2 Cebos

La formulación de cebo es comestible o es una sustancia mixta atractiva con un ingrediente activo. Los mejores ingredientes activos actúan lentamente, los cuales aseguran que el suficiente cebo sea comido por la cucaracha para matarla. Los cebos son comercializados de venta libre en las tiendas de descuento, en las ferreterías e inclusive en los supermercados y farmacias. Los cebos se venden con estaciones de cebo y las formulaciones de gel con aplicadores de tipo jeringa, son fáciles de usar y son razonablemente seguros para el ser humano. También son comercializados a los profesionales del manejo de plagas bajo diferentes nombres de productos y con diferentes ingredientes activos que posiblemente no están disponibles al público en general. Algunos cebos son formulados como granulados para el uso tanto interior y exterior, deben de colocarse cerca de donde viven las cucarachas, en los lugares en que no pueden caer en la comida para los humanos o en donde no pueden ser alcanzados por los niños o animales domésticos. El cebo se puede meter en las grietas y hendiduras o cerca a los lugares en donde se encuentran las cucarachas. Los cebos son los compañeros ideales para otros tipos de control, trabajan mejor cuando existe higiene, limitando las fuentes de agua y comida (Hernández, 2014).



Figura 9 Aplicación de cebos. (Elia Tabuenca, 2017)

Existen bastantes ingredientes activos que se usan en los cebos para el control de cucarachas; como han resultado tener mucho éxito para controlar las cucarachas, los fabricantes están constantemente desarrollando nuevos cebos y formulaciones. Algunos ingredientes activos de acuerdo con (Hernández 2014) incluyen:

Ácido Bórico: El ácido bórico es un polvo blanco inorgánico formulado como un cebo granular y un cebo en gel. Tiene una toxicidad de mamífero muy baja; sin embargo, se debe tomar precaución para evitar la ingestión accidental.

Hidrametilona: Es un veneno por ingestión que actúa lentamente. Es lento en su toxicidad a los mamíferos y en aves. Está disponible en estaciones a prueba de niños, como cebo granular y como gel con aplicadores de jeringa.

Fipronil: Actúa más rápido, con más venta en el mercado y que se pasa más fácilmente a otras cucarachas. El fipronil es efectivo en concentraciones muy bajas, está disponible en estaciones de cebo a prueba de niños, como cebo granular y como un gel con aplicadores de jeringas.

Acetamiprid: Las cucarachas se comen fácilmente al acetamiprid y se lo pasan de una cucaracha a otra cuando se comen las heces o los cuerpos de las cucarachas muertas. Está disponible como una formulación de gel en aplicadores con jeringa.

2.6.3 Polvos

Las formulaciones de polvo contienen un ingrediente y una sustancia inerte seca en polvo como el talco, arcilla o ceniza volcánica. Los ingredientes inertes le permiten a la formulación de polvo el poder ser guardada y bien manejada. En los hogares, el polvo se debe de usar solamente en lugares donde los habitantes no vayan a remover el polvo, hacerle movimiento o inhalarlo. Los lugares apropiados para las aplicaciones de polvo son los huecos de la pared, detrás de los zoclos, en espacios encerrados que están debajo de los mostradores de la cocina, detrás de los electrodomésticos y en desvanes que no se usan. Los polvos se deben de usar secos y guardarse en un lugar seco (Hernández, 2014).

2.6.4 Polvos Humectantes (PH)

Estas son formulaciones secas, finamente molidas, polvorizadas a las que se le añade agua. Parecen ser polvo, pero un agente humectante se añade a los otros ingredientes para ayudarles a que puedan ser mezcladas con agua (Hernández, 2014).

2.6.5 concentrado Emulsionable (CE)

A un concentrado emulsionable se le añade agua, el cual forma una mezcla suave de insecticida, solvente y agua. Los ingredientes inertes a menudo son de aceites altamente refinados y de otros solventes. Los CE son formulaciones importantes que se usan para el control de las cucarachas y algunas se pueden comprar en las tiendas de descuento, farmacias, supermercados y ferreterías. Las formulaciones de CE para el uso profesional algunas veces se pueden comprar en las compañías locales para el control de plagas o en sitios de Internet anunciando la venta al público de provisiones para el control de plagas (Hernández, 2014).

2.6.6 Aerosoles

El ingrediente activo en una formulación de aerosol se disuelve en un solvente con presión de un propulsor de gas. Las formulaciones de aerosol de venta libre son comunes y tienen un porcentaje bajo de ingrediente activo. Estos aerosoles son más eficaces cuando el líquido se pone directamente en contacto con el insecto y no son muy efectivos cuando se usan en contra de las cucarachas que se esconden en las grietas y hendiduras. Hay algunas formulaciones para grietas y

hendiduras, principalmente comercializadas por controladores de plagas urbanas que contienen un porcentaje más alto del ingrediente activo. Estas pueden ser bastante efectivas cuando se usan como tratamientos de grietas y hendiduras (Hernández, 2014).

2.7 Ingredientes activos de los productos utilizados en (*P. americana*)

La tetrametrina (2.99 kg/kg) es una sustancia química sintética empleada como insecticida y acaricida, se utiliza comúnmente para el control de pulgas, garrapatas y piojos. Pertenece a la familia de compuestos denominados piretroides, que actúan como neurotoxinas alterando el funcionamiento del sistema nervioso de los insectos. Por lo general, perros y gatos son tolerantes a la tetrametrina, pues la toxicidad de este compuesto es aproximadamente 1000 veces mayor contra los parásitos que contra los mamíferos. La tetrametrina es extremadamente tóxica para organismos acuáticos. Los síntomas de la intoxicación por Tetrametrina al igual que todos los piretroides relacionados, son hiperexcitabilidad, hipersalivación, vómito, diarrea y agotamiento físico (Bravo, 2022).

La cifenotrina (1.00 g/kg) es un insecticida piretroide sintético con modo de acción por contacto e ingestión que afecta con una acción rápida al sistema nervioso de los insectos, causándoles temblores y la muerte (De la Cruz, 2022)

El propoxur (1.507 g/kg) es un polvo cristalino blanco (como la arena pómez) con un ligero olor. Es un insecticida que se usa principalmente para controlar la malaria. Los insecticidas de carbamato matan insectos al inactivar irreversiblemente la enzima acetilcolinesterasa (Buenrostro, 2012).

La praletrina (0.093 g/kg) es un insecticida piretroide utilizado generalmente contra mosquitos en un ambiente doméstico. También es el insecticida principal para eliminar avispas y avispones. Actúa sobre el sistema nervioso (Buenrostro, 2012).

La deltametrina (0.315 g/kg) es un piretroide sintético con actividad insecticida y acaricida de amplio espectro. Actúa por contacto e ingestión afectando al sistema nervioso de los artrópodos y provocando su muerte (Buenrostro, 2012).

2.7.1 Control biológico

El control biológico representa una alternativa más para el manejo integrado de insectos plaga. Este tipo de control se basa en la utilización de organismos vivos o sus productos, con capacidad de infectar o intoxicar al insecto blanco e inducir la muerte o alterar su metabolismo para afectar su longevidad y/o reproducción (Hoffmann y Frodsham, 1993). Como microorganismos entomopatógenos para el control de cucarachas se han reportado principalmente hongos, entre los que destacan *Beauveria bassiana* (Waseem et al., 2004; -2005; Zukowski y Bajan, 1996), *M. anisopliae* (Quesada-Moraga et al., 2004), *I. farinosus* (Zukowski y Bajan, 1997), *Moniliformis moniliformis* (Moore et al., 1994), especies de *Aspergillus* (Kulshrestha y Pathak, 1997) y la bacteria *Bacillus thuringiensis* (Lee et al., 1984; Zukowski, 1993). En su conjunto, esta información representa una alternativa de biocontrol sobre plagas de insectos de importancia en salud, agricultura y post-cosecha (Zukowski, 1994). Una de las mayores ventajas del uso de los entomopatógenos, es que son seguros para la salud e inducen resistencia en menor grado comparado con los químicos; además se puede dar la transmisión de insecto a insecto por auto-diseminación del agente de biocontrol (Goettel y Roberts, 1992).

Debido a que las cucarachas son insectos sociales, su control con entomopatógenos le confiere una gran ventaja, ya que, a diferencia de los químicos, donde no existe tal transmisión, la dispersión de los microorganismos puede permanecer por un tiempo prolongado, ampliando el periodo de control y por ende, podría permitir aplicar un producto más caro, pero requerir de menos aplicaciones para obtener resultados similares (Jeanson y Deneubourg, 2006). Otra ventaja se podría dar si las dosis que se utilizan son relativamente bajas (Stamets, 2003). Sin embargo, el uso de este tipo de control presenta también desventajas tales como: mayor tiempo para causar la muerte, costos elevados para su producción y

diferencias en la susceptibilidad en diferentes fases de desarrollo; o bien verse afectado por factores ambientales como radiación solar, humedad, temperatura, lavado por lluvia o tener una vida de anaquel menor a la de los químicos (Zurek et al., 2003; García-Gutiérrez *et al.*, 2007).

Los hongos entomopatógenos tienen un gran potencial como agentes de control, ya que constituyen un grupo con más de 750 especies que al dispersarse en el ambiente provocan infecciones fúngicas en las poblaciones de insectos. Estos hongos inician su proceso infectivo cuando las esporas son retenidas en la superficie del integumento, donde se inicia la formación del tubo germinativo, comenzando el hongo a excretar enzimas como las proteasas, quitinasas, quitobiasas, lipasas y lipooxigenasas. Estas enzimas degradan la cutícula del insecto y coadyuvan con el proceso de penetración por presión mecánica iniciado por el apresorio, que es una estructura especializada formada en el tubo germinativo. Una vez dentro del insecto, el hongo se desarrolla como cuerpos hifales que se van diseminando a través del hemocèle e invaden diversos tejidos musculares, cuerpos grasos, tubos de Malpighi, mitocondrias y hemocitos, ocasionando la muerte del insecto después de 3 a 14 días de iniciada la infección. Una vez muerto el insecto y ya agotados muchos de los nutrientes, el hongo inicia un crecimiento micelar e invade todos los órganos del hospedero. Finalmente, las hifas penetran la cutícula desde el interior del insecto y emergen a la superficie, donde en condiciones ambientales apropiadas inician la formación de nuevas esporas (Carruthers y Hural, 1990).

Los hongos entomopatógenos, a diferencia de otros agentes entomopatógenos, no necesitan ser ingeridos por el insecto para controlarlo, pudiendo ocurrir la infección por contacto y adhesión de las esporas a las partes bucales, membranas intersegmentales o a través de los espiráculos (Samson, 1998).

Los hongos entomopatógenos son organismos vivos, los cuales producen una patogénesis letal en gran variedad de insectos por lo cual son ampliamente utilizados; ya que, a diferencia de otros agentes entomopatógenos, no necesitan ser

ingeridos por el insecto para controlarlo. Estos microorganismos pueden infectar a los insectos de forma directa a través de la cutícula, ya que ejercen múltiples mecanismos de acción cuando estos penetran hacia el interior de la cutícula, confiriéndoles una alta capacidad para evitar que el hospedero desarrolle resistencia (Samson, 1998).

2.8 Hongos entomopatógenos en cucarachas.

Hongos entomopatógenos, como *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana*, se han mostrado capaces de provocar elevadas mortalidades de ootecas y cucarachas adultas en experimentos de laboratorio. Por ejemplo, *M. anisopliae* tienen una virulencia demostrada sobre *B. germánica* y su capacidad de transmisión horizontal permite la rápida expansión de la infección en la población de cucarachas. El hongo tiene también efectos subletales sobre las hembras, que afectan a la producción de ootecas. No obstante, el factor limitante para la utilización de hongos entomopatógenos es el riesgo de generar una contaminación y posibles alergias en los ocupantes de las instalaciones (Faulhaber y Karp, 1992).

Algunos entomopatógenos son capaces de producir péptidos que ayudan a neutralizar al sistema inmunitario celular de los insectos". En el caso de la cucaracha adulta de *Periplaneta americana* se ha presentado una respuesta adaptativa del tipo humoral, evidenciando especificidad cuando se inmunizan con ciertas proteínas y que la inmunización con microorganismos atenuados, como *Pseudomonas eruginosa*, generan mayor protección contra infecciones de esta misma bacteria. También se ha establecido una relación entre la susceptibilidad de *Periplaneta americana* a infecciones por entomopatógenos con el estado de desarrollo de las cucarachas y a la producción de enzimas como parte de la respuesta del sistema humoral (Buenrostro, 2012).



Figura 10 Control biológico en *Periplaneta americana* con el hongo *Metarhizium anisopliae* (Gabriela, 2022).

2.8.1 *Myrothecium verrucaria*

Myrothecium verrucaria es una especie de hongo del orden Hypocreales. Un patógeno vegetal, es común en todo el mundo, a menudo se encuentra en materiales como papel, textiles, lienzos y algodón. Es un descomponedor de celulosa muy potente. Ha sido formulado en un bioplaguicida para el control de nematodos y malas hierbas. El ingrediente activo del plaguicida es una mezcla del hongo muerto *M. verrucaria* y el líquido en el que creció el hongo. El hongo muerto mata plagas microscópicas parasitarias específicas llamadas nematodos, que atacan a las plantas, generalmente a través de sus raíces. El ingrediente activo es específico, siendo efectivo solo contra los nematodos que parasitan las plantas; no daña a los nematodos de vida libre. Debido a que la mezcla puede ser tóxica para los organismos acuáticos, no está aprobada para su uso en o cerca de cuerpos de agua (Gutiérrez, 2015).



Figura 11 *Myrothecium verrucaria*. (Gutiérrez, A. 2015).

2.8.2 *Beauveria Bassiana*

Beauveria bassiana, es un hongo ascomiceto mitospórico que crece de forma natural en los suelos de todo el mundo. Su poder entomopatógeno le hace capaz de parasitar a insectos de diferentes especies, causando la enfermedad de la muscardina blanca, que afecta sobre todo como plaga al gusano de seda. Pertenece a los hongos entomopatógenos y actualmente es utilizado como insecticida biológico o biopesticida controlando un gran número de parásitos de las plantas como orugas, termitas, moscas blancas, áfidos, escarabajos y tisanopteros. El hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* es una capa de micelio blanco algodonoso que envuelve al insecto y se observa con granulaciones pequeñas del mismo color. Se describe a este hongo en medio de cultivo como una colonia blanca de apariencia algodonosa y esponjosa, en la que se denotan pequeñas esferas (como aspecto de nieve) de color crema pálido en la parte inferior. Otra característica de estos hongos entomopatógenos es que pueden ser capaces de iniciar epizootias a densidades altas y bajas del hospedero (Campos et al., 1998; Rosas, 1994)

Mecanismo de acción:

Comprende dos fases: una patogénica y otra saprofitica. La fase de patogénesis ocurre cuando el producto entra en contacto con el tejido vivo del huésped y la saprofitica cuando completa su ciclo aprovechando los nutrientes del

cadáver del insecto. El proceso infectivo que lleva al insecto atacado por *Beauveria bassiana* a morir se cumple en tres etapas: La primera de germinación de esporas y penetración de hifas al cuerpo del hospedero dura de 3 a 4 días. La penetración de *Beauveria bassiana* al hospedero ocurre a través de la cutícula o por vía oral. La segunda etapa es la invasión de los tejidos por parte del micelio del hongo hasta causar la muerte del insecto, dura de 2 a 3 días. Durante el proceso de invasión del hongo se producen una gran variedad de metabolitos tóxicos. Los síntomas de la enfermedad en el insecto son la pérdida de sensibilidad, incoordinación de movimientos y parálisis. Cuando el insecto muere queda momificado. Finalmente sigue la tercera etapa, la esporulación y el inicio de un nuevo ciclo. El micelio del hongo se observa primero en las articulaciones y partes blandas de los insectos y en días posteriores se incrementa a todo el cuerpo hasta finalmente cubrirlo. Tras la muerte del insecto y bajo unas condiciones de humedad relativa alta las conidiosporas pueden extenderse a través del cuerpo cubriéndolo con material fungoso característico.

Dado que *Beauveria bassiana* es un producto microbiano no debe de ser aplicado con productos químicos. No aplicar en horas de calor intenso; aplicar preferentemente por la tarde. No sobre exponer el producto a temperaturas mayores a 40°C por más de 30 días. Aplicar preferente en condiciones de luminosidad baja (después de las 17 horas). Bajo condiciones de humedad baja se recomienda hidratar el material 12 horas previas a la aplicación para favorecer su desempeño.



Figura 12 Grasshoppers *Melanoplus* sp (Stefan Jaronski, 2022)

2.8.3 *Paecilomyces lilacinus*

Paecilomyces lilacinus ejerce una acción nematicida, parasita los huevos y hembras de los nemátodos con la participación de enzimas líticas causando deformaciones, destrucción de ovarios y reducción de la eclosión. Produce toxinas que afectan el sistema nervioso y causan deformación en el estilete de los nemátodos que sobreviven, lo que permite reducir el daño y sus poblaciones. A valores de pH ligeramente ácidos, se producen toxinas que afectan el sistema nervioso (Frank, 2004).

Paecilomyces lilacinus es un nematicida microbial con base en una cepa patogénica del hongo *Paecilomyces lilacinus* que afecta a fitonemátodos agalladores, barrenadores filiformes e insectos del orden Ortóptera (Frank, 2004)

Cuando las esporas entran en contacto con los organismos se inicia el proceso de infección, producen enzimas que diluyen la cutícula y penetran al interior, donde inician el proceso de germinación en el interior del hospedante. Se reproduce rápidamente emitiendo metabolitos tóxicos, causándole deformaciones, vacuolizaciones y pérdida de movimiento hasta causarle la muerte. Además, si el

pH es ligeramente ácido, produce toxinas que afectan al sistema nervioso. El crecimiento de *Paecilomyces lilacinus* es muy rápido (Frank, 2004).



Figura 13 Nematicida biológico a base de *Paecilomyces lilacinus*. (César Frank, 2004).

III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 METODOLOGÍA

En cajas petri de 15 cm de diámetro se colocaron dos especímenes de *P. americana*. Para la respiración de la misma se realizó una perforación de 2 cm de diámetro utilizando tela de tul de poro delgado, se realizaron pequeños trozos de aproximadamente 4 x 4 cm; a cada tapa de las cajas Petri se les hizo un pequeño orificio pegando cada pedazo de la tela de tul en la tapa con pegamento silicón.

3.2 EXPERIMENTO BIOLÓGICO

Se colectaron cucarachas en estado ninfal en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro unidad Laguna; en los registros de drenaje del comedor de la universidad (figuras 14 y 15), utilizando guantes y frascos de vidrio.



Figura 14 Colecta de cucarachas de drenaje
(*Periplaneta americana*)



Figura 15 Colecta de cucarachas de drenaje
(*Periplaneta americana*)

Se establecieron tres tratamientos de productos biológicos (*Myrothecium verrucaria*, *Beauveria bassiana* y *Paecilomyces lilacinus*) para el control de *P. americana* y para el testigo se utilizó agua. En las tapas de las cajas Petri de 15 cm de diámetro se realizó una abertura y se cubrió con tela de tul, para que las cucarachas tuvieran oxígeno. En cada caja se pusieron dos cucarachas en estado ninfal y se colocaron en ellas 1 gr de pan mojado, 1gr de solución y una torunda de algodón para que las cucarachas se alimentaran (figuras 16 y 17). Después de establecer el experimento se realizaron inspecciones diarias para verificar y evaluar la mortalidad de las cucarachas durante 41 días.

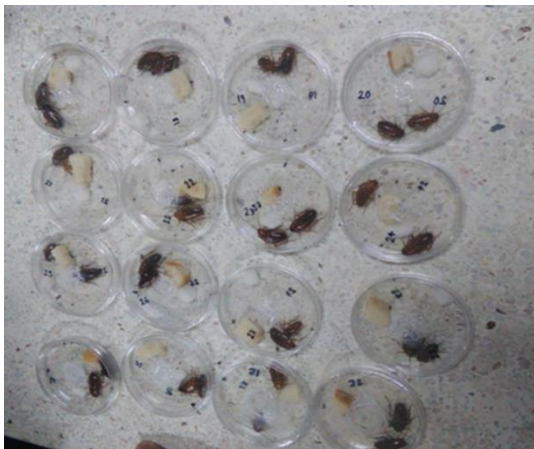


Figura 16 Puesta de especímenes en cajas Petri.



Figura 17 Establecimiento de experimento vía ingestión en *Periplaneta americana*.

Se estableció el experimento con 3 tratamientos y un testigo vía ingestión para cucarachas en estado ninfal.



Figura 18 Establecimiento de experimento Vía ingestión control 1 – Testigo.



Figura 19 Establecimiento de experimento vía ingestión control 2- *Myrothecium verrucaria*.



Figura 20 Establecimiento de experimento vía ingestión control 3 - *Beauveria bassiana*.



Figura 21 Establecimiento de experimento vía ingestión control 4 - *Paecilomyces lilacinus*.

Tabla 1.- Distribución de los tratamientos vía ingestión en *P. americana*

Control	Cajas	Producto utilizado
1 – Testigo	17, 18, 19, 20	(1 gr de pan + 1 ml de agua) + (1 torunda de algodón con agua)
2 – <i>Myrothecium verrucaria</i>	21, 22, 23, 24	(1 gr. de pan + 1 ml de <i>Myrothecium verrucaria</i>) + (1 torunda de algodón con agua)
3 – <i>Beauveria bassiana</i>	25, 26, 27, 28	(1 gr de pan + 1 ml de <i>Beauveria bassiana</i>) + (1 torunda de algodón con agua)
4 - <i>Paecilomyces lilacinus</i>	29, 30, 31, 32	(1 gr de pan + 1 ml de <i>Paecilomyces lilacinus</i>) + (1 torunda de algodón con agua)

3.3 Impregnación directa de cucarachas

En cajas de Petri perforadas y selladas con tela de tul se establecieron tres tratamientos y un testigo con las soluciones *Beauveria bassiana*, *Myrothecium verrucaria*, *Paecilomyces lilacinus* (figura 22) y un testigo negativo (agua). Para estas pruebas se depositó una cucaracha en cada caja petri de 15 cm de diámetro, con numeración del 49 al 64. El tratamiento se impregnó con una brocha por todo el cuerpo de la cucaracha (figura 23) y se colocó en la caja junto con 1 gr de pan y una torunda de algodón que contenía agua. Se realizó una inspección diaria del experimento para determinar el efecto en las cucarachas durante 26 días.

Tabla 2.- Distribución de los tratamientos por impregnación directa.

Control	Cajas	Producto utilizado
1 – <i>Myrothecium verrucaria</i>	49, 50, 51, 52	1 gr de pan + 1 torunda de algodón con agua.
2 – <i>Paecilomyces lilacinus</i>	53, 54, 55, 56	1 gr de pan + 1 torunda de algodón con agua.
3 – <i>Beauveria bassiana</i>	57, 58, 59, 60	1 gr de pan + 1 torunda de algodón con agua.
4 – Agua	61, 62, 63, 64	1 gr de pan + 1 torunda de algodón



Figura 22 Soluciones de *Beauveria bassiana*,
Myrothecium verrucaria, *Paecilomyces*
lilacinus



Figura 23. Impregnación directa en cucarachas
P. americana

3.4 Uso de Productos químicos para el control de cucarachas

Con cucarachas en estado ninfal se procedió a realizar el experimento, utilizando productos químicos para identificar la efectividad de estos sobre los biológicos. Se colocó una cucaracha en cada caja petri (figuras 24 y 25), se aplicó el producto químico correspondiente y se tomó el tiempo para determinar la mortalidad de la cucaracha al ser manipulada sin presentar respuesta por contacto.



Figura 24 Aplicación de H24 casa y jardín en *Periplaneta americana*.



Figura 25 H24 poder total en *Periplaneta americana*.

Insecticida H24 Domestico: Contiene Tetrametrina 2.99 g/kg + Cifenotrina 1.00 g/kg, su aroma es herbal cítrico, formulado para controlar insectos voladores como mosquitos, mosca, jején; pero también puede utilizarse en insectos rastreros como la cucaracha, hormiga y pulga.

Insecticida H24 Poder Total: Contiene Propoxur 1.507 g/kg + Praletrina 0.093 g/kg + Deltametrina 0.315 g/kg, formulado para insectos rastreros con efecto residual. Formulado para el control de cucarachas, arañas, hormigas, alacranes, chinches, ácaros, polilla, ciempiés, pulgas, grillos y termitas.

Insecticida H24 Casa y Jardín: Contiene los ingredientes activos Tetramina 2.99 g/kg + Cifenotrina 1.00 g/kg. Formulado para plagas externas de las plantas sin dañarlas y dentro del hogar contra insectos voladores como moscas y mosquitos. Permite la convivencia del producto con la familia y las mascotas, ya que está elaborado a base de agua con un agradable aroma.

IV RESULTADOS

Los químicos utilizados fueron eficaces en el control de las cucarachas en estado de ninfa; sin embargo, se comprobó que el tiempo de efecto sobre los organismos fue diferente dependiendo del producto utilizado. El porcentaje más alto de mortalidad considerando el tiempo de efectividad, estuvo marcado por el tratamiento 2 (H24 Poder total) siendo el más eficaz; seguidos por el producto H24 Casa y Jardín (tratamiento 3) y el H24 Doméstico (tratamiento 1) con menor efectividad.

Tabla 3. – Resultados de los tratamientos vía ingestión a los 41 días (*P. americana*) en estado ninfal

Control	Cajas	Observaciones
1 – Testigo	17, 18, 19, 20	No murió ninguna cucaracha
2 – <i>Myrothecium verrucaria</i>	21, 22, 23, 24	No murió ninguna cucaracha
3 – <i>Beauveria bassiana</i>	25, 26, 27, 28	No murió ninguna cucaracha
4 - <i>Paecilomyces lilacinus</i>	29, 30, 31, 32	No murió ninguna cucaracha

Tabla 4. – Resultados de los tratamientos, impregnación directa a los 26 días (*P. americana*) en estado ninfal.

Control	Cajas	Observaciones
1 – <i>Myrothecium verrucaria</i>	49, 50, 51, 52	No murió ninguna cucaracha
2 – <i>Paecilomyces lilacinus</i>	53, 54, 55, 56	No murió ninguna cucaracha
3 – <i>Beauveria bassiana</i>	57, 58, 59, 60	No murió ninguna cucaracha
4 – Agua	61, 62, 63, 64	No murió ninguna cucaracha

Tabla 5. -Producto químico para el control de cucarachas (*P. americana*) en estado ninfal.

Tratamiento 1- Tetrametrina 2.99 g/kg y Cifenotrina 1.00 g/kg		
Caja	Número de individuos	Tiempo de muerte (min)
1	2	130
2	1	130
3	1	130
4	1	130
5	1	60
6	1	130
7	1	130
8	1	130
9	1	130
10	1	130
11	1	130
12	1	130
13	2	130
14	1	72
15	1	130
16	1	130
17	1	130
18	1	130
19	1	130
20	2	130

Tabla 6. -Producto químico para el control de cucarachas (*P. americana*) en estado ninfal.

Tratamiento 2 - Propoxur 1.507 g/kg, Praletina 0.093 g/kg y Deltametrina 0.313 g/kg			
1	2	2.56	35.23
2	2	9.20	24.49
3	1	2.27	
4	1	0.49	
5	1	1	
6	1	1.06	
7	1	1.46	
8	1	1.48	
9	1	1.56	
10	1	1.14	

11	1	1.14	
12	1	1.51	
13	2	8.31	1.10
14	1	1.16	
15	1	1	
16	1	3.11	
17	2	1.14	2.10
18	1	0.48	
19	1	1.11	
20	2	15.22	10.30

Tabla 7. -Producto químico para el control de cucarachas (*P. americana*) en estado ninfal.

Tratamiento 3 - Tetrametrina 2.99 g/kg y Cifenatrina 1.00 g/kg			
1	1	130	
2	1	130	
3	1	130	
4	2	18.62	130
5	2	6.9	77.9
6	2	77.69	77.69
7	2	38.55	77.55
8	2	65.7	66.8
9	2	32.8	76.8
10	2	76.63	76.63
11	1		130
12	1		19.62
13	1		39.46
14	1		77.9
15	1		77.55
16	1		130
17	1		76.63
18	1		65.7
19	1		20.41
20	1		130



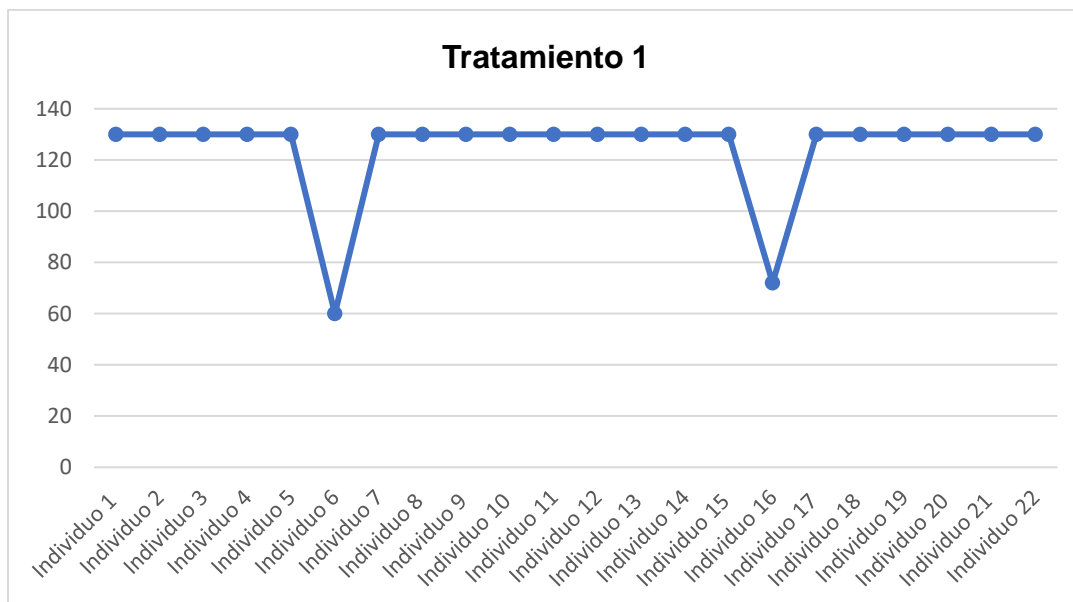
Figura 26 Aplicación de químicos en *P. americana*



Figura 27 Aplicación de H24 poder total en *P. americana*

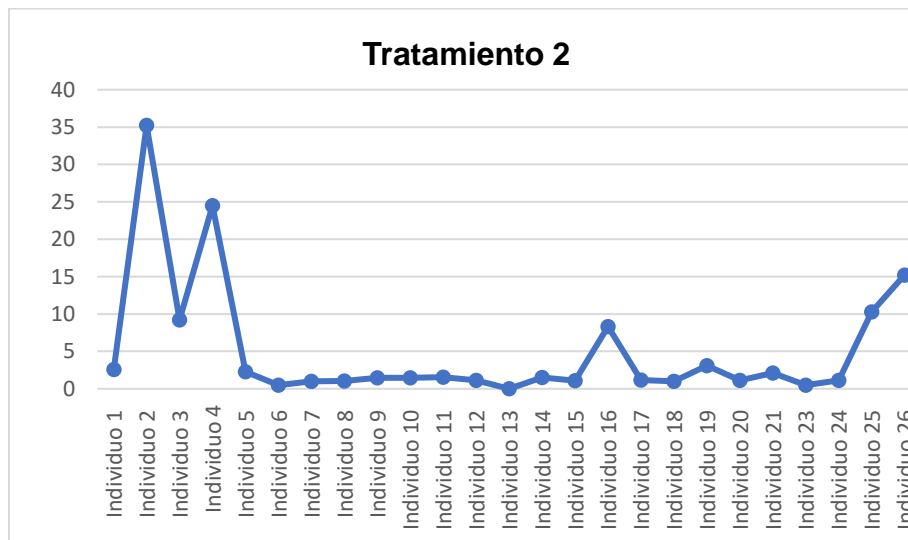
En el gráfico 1, se observa que el índice de mortalidad de los individuos es nulo, el experimento se detuvo a los 130 minutos en la mayoría de las cucarachas en estado ninfal por la resistencia al químico Tetrametrina y Cifenotrina.

Gráfico 1.- Tiempo de muerte en minutos del tratamiento 1 (*P. americana*) en estado ninfal.



En el gráfico 2, se observa un índice de mortalidad muy efectivo en cucarachas en estado ninfal (*P. americana*), mostrando una mortalidad más rápida con el tratamiento 2 (Propoxur, Praletina y Deltametrina).

Gráfico 2.- Tiempo de muerte en minutos del tratamiento 2 (*P. americana*) en estado ninfal.



En el gráfico 3, se puede observar que los especímenes de (*P. americana*) en estado de ninfa tuvieron mucha variedad en cuanto al tiempo de muerte con el tratamiento 3; Tetrametrina y Cifenatrina.

Gráfico 3.- Tiempo de muerte en minutos del tratamiento 3 (*P. americana*) en estado ninfal.

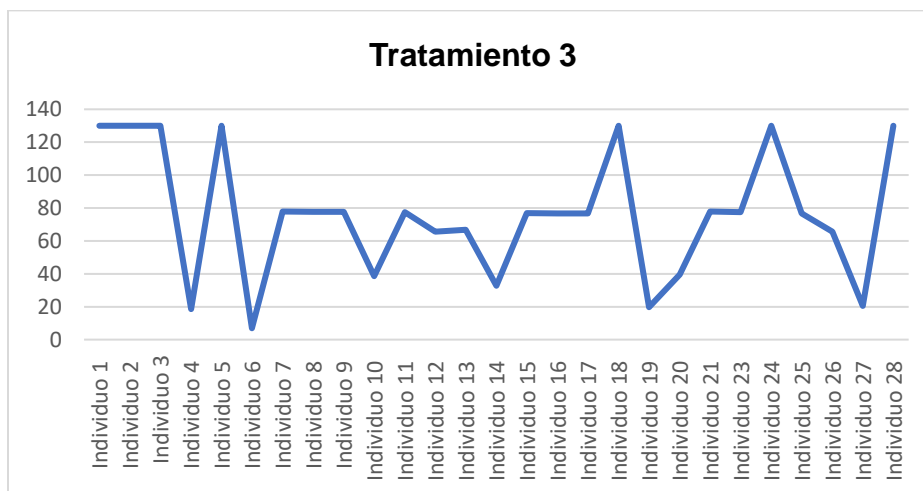
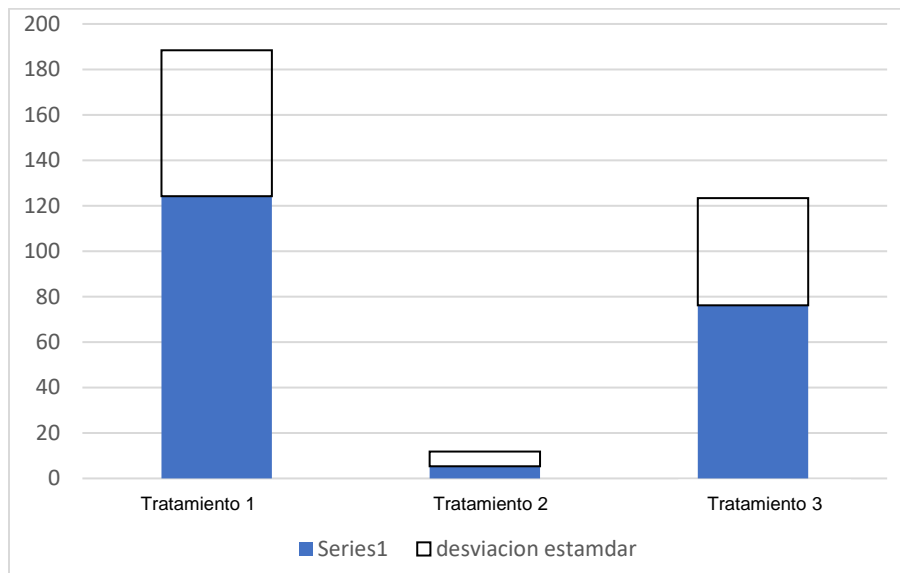


Tabla 8.- Promedio de tiempo de muerte en ninfas de *Periplaneta americana*.

No. de tratamientos	Tiempo de muerte	Desviación estándar
Tratamiento 1	124.181818181818	64.1857110019726
Tratamiento 2	5.35333333333333	6.46341445115095
Tratamiento 3	76.2048148148148	47.1977459061695

Gráfico 4.- Promedio de tiempo de muerte en (*P. americana*) en estado ninfal.



En el gráfico 4, se puede observar que no hay diferencia a nivel estadístico, donde se puede observar una diferencia significativa en el tratamiento 2, el cual tuvo un efecto positivo inmediato en la mortalidad de las cucarachas en estado ninfal que en los otros tratamientos.

V CONCLUSIÓN

Los productos biológicos *Beauveria bassiana*, *Myrothecium verrucaria* y *Paecilomyces lilacinus* administrados vía ingestión y la impregnación directa tuvieron un efecto negativo sobre la mortalidad en cucarachas en estado ninfa. Los productos químicos utilizados mostraron diversos efectos positivos de mortalidad en las cucarachas en estado ninfal. Siendo que, el tratamiento 2 (H24 Poder total: Propoxur, Praletina y Deltametrina) resultó ser el más eficaz en cuanto a tiempo de mortalidad al emplearse en ninfas de cucarachas *Periplaneta americana*.

VI REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bell, W. J. y K. G. Adiyodi. 1981. Reproduction. In: The American Cockroach. Eds Bell, W. J. y K. G. Adiyodi. Chapman & Hall, London. pp. 343-370.
- Bell, W. J., L. M. Roth & C. A. Nalepa, 2007. Cockroaches: ecology, behavior, and natural history. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, USA. 230pp
- Bennet *et al.* 2012. Hongos entomopatógenos: importante herramienta para el control de cucarachas *Periplaneta americana* L. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/25735/1/Maranhao.pdf>
- Bravo, 2022. Características e importancia sobre *Periplaneta americana*. <https://quipons.com/wp-content/uploads/2018/04/cucarachas.pdf>
- Carruthers y Hurrall. 1990. Estudio y evaluación de los patógenos de cucarachas. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/49958>
- CARRUTHERS, I. R.; HURAL, K. Fungi as natural occurring entomopathogens. In: BAKER, R. R.; DUNN, P. E. (Eds.). New directions in biological control: alternatives for suppressing agricultural pests and diseases. Nueva York: Liss, 1990. p. 115-138
- César Frank. 2004. Hábitos y ciclo de vida de *Periplaneta americana*. <https://quipons.com/wp-content/uploads/2018/04/cucarachas.pdf>
- César Frank. 2004. Usos y precauciones de la Cifenoctrina. <http://www2.inecc.gob.mx/sistemas/plaguicidas/pdf/cifenoctrina.pdf>. 2006
- Cochran. 1989. Importancia de los hongos entomopatógenos <https://edc.ccqqfar.usac.edu.gt/wp-content/uploads/2012/07/Mariele-Johanna-Pellecer-Zehntner-LENAP.pdf>
- Damas Buenrostro. (2012). Aislamiento y efectividad de *Baeuveria Bassiana* Villemin para el control biológico de la cucaracha urbana *Periplaneta*

americana L. Tesis Doctorado. Universidad Autónoma de Nuevo León Facultad de Ciencias Biológicas.

Dominguez et al., 1994. The medical and veterinary importance of cockroaches. Smithsonian Miscellaneous Collections, 134: 147pp

Elba de la Cruz. 2022. Manual de plaguicidas de Centro América. <http://www.plaguicidasdecentroamerica.una.ac.cr/index.php/base-de-datosmenu/116-cifenoctrina>

Elba Hernández, 2022. El origen de la diversidad en las cucarachas. http://sea-entomologia.org/PDF/BOLETIN_26/B26-028-397.pdf

Faulhaber y Karp. 1992. Aislamiento y efectividad de *Beauveria bassiana* VILLEMIN para el control biológico de la cucaracha urbana *Periplaneta americana* L. <http://eprints.uanl.mx/2707/1/1080227494.pdf>

Frank, 2004. Efecto de *Trichoderma* spp., *Paecilomyces lilacinus* y la inyección de nematicida en el pseudotallo en el combate de *Radopholus similis* y la producción de banano. <https://www.redalyc.org/journal/436/43642603005/html/>

Goettel y Roberts 1992. Control químico en cucarachas. <https://hortintl.cals.ncsu.edu/sites/default/files/articles/control-quimico-de-plagas.pdf>

Gutiérrez, A. 2015. Usos sobre *Myrothecium verrucaria*. https://www.terralia.com/agroquimicos_de_mexico/view_composition?composition_id=13619

Hernández, 2014. EVALUACIÓN DEL CONTROL BIOLÓGICO DE *Periplaneta americana* (Blattidae, Linnaeus) POR INGESTIÓN DEL HONGO *Metarhizium anisopliae*, <http://www.scielo.org.co/pdf/bccm/v16n2/v16n2a16.pdf>

Jaramillo et al., 1996. Cucarachas Americanas. Penn State Extension. <https://extension.psu.edu/cucarachas-americanas>.

- Jorge (2010). La cucaracha como vector de agentes patógenos. Instituto de Biomedicina, Centro Piloto, Sección de Ehdios de Vectores. Dirección postal: Calle Bolívar y Villegas, Viia de Cura, Aragua 2126, Venezuela.
- Manuel de Jesús Toala Acosta. (2016). Identificación de cucarachas en el área urbana de San Pedro de las Colonias, Coahuila. Tesis licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Pai *et al.* 2005. Características de *Periplaneta americana* L
<https://www.anticimex.es/cucarachas/americana>
- Ponce, 2005. Aislamiento de parásitos intestinales en la cucaracha americana (*Periplaneta americana*) <https://ve.scielo.org/pdf/bmsa/v55n2/art06.pdf>
- Ramírez, 2013. Evaluación del control biológico de *Periplaneta americana* (Blattidae, Linnaeus) por ingestión del hongo *Metarhizium anisopliae*. (*Clavicipitaceae*, *Metchnikoff*) y ácido bórico. <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/3365/GuerreroGarciaLauraYamile2016.pdf?sequence=6&isAllowed=y>
- Randall 1998. Cucaracha alemana. <https://quipons.com/wp-content/uploads/2018/04/cucarachas.pdf>
- Rust et al., 1991. Current status of *Metarhizium* as a mycoinsecticide in Australia. *Biocontrol News Inf.*, v. 20, p. 47-50, 2000.
- SAMSON, 1998. R. A.; EVANS, H. C.; LATGÉ, J. P. Atlas of entomopathogenic fungi. New York: Springer-Verlag, 1988. p. 187.
- Torres *et al.* 2006. PRIMERA LISTA DE LAS CUCARACHAS DE MÉXICO
<http://sea-entomologia.org/PDF/Boletin53/267284BSEA53CucarachasMexico.pdf>
- Triplehorny Johnson 2005. The use of entomogenous fungi for pest control and the role of toxins in pathogenesis. *Pesticide Sci*, v. 27, p. 203-215, 1989. <http://dx.doi.org/10.1002/ps.2780270210>

Viria Bravo, 2022, *Myrothecium verrucaria* como una alternativa.
https://www3.epa.gov/pesticides/chem_search/reg_actions/registration/fs_PC-119204_01-Oct-99.pdf

Wei *et al*, Laupraset *et al*. 2010. El Ciclo Biológico De Las Cucarachas.
<https://seviplagas.com/ciclo-biologico-de-las-cucarachas/>

Zhan, 1968. The Cockroach. Volume I: A laboratory insects and an industrial pest.
Hutchinson, London, 391pp.

Zurek *et al.*, 2003. García – Gutiérrez *et al*, 2007. EVALUACIÓN DEL CONTROL BIOLÓGICO DE *Periplaneta americana*.
<https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/3365/GuerreroGarciaLauraYamile2016.pdf?sequence=6&isAllowed=y>