

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



**Determinación de la respuesta de *Periplaneta americana* L. a la aplicación de insecticidas comerciales microbiales**

**POR:  
Aurora Vásquez Vásquez**

**T E S I S**

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

**INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO**

**Torreón, Coahuila.**

**Septiembre 2023**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRÓNOMICAS**

**Determinación de la respuesta de *Periplaneta americana* L. a la aplicación de insecticidas comerciales microbiales**

**POR:**

**Aurora Vásquez Vásquez**

**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



**Ing. Bertha Alicia Cisneros Flores**  
Vocal suplente



**Dr. J. Isabel Marquez Mendoza**  
Coordinador de la División de Carreras Agronómicas.



Torreón, Coahuila.

Septiembre 2023

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRÓNOMICAS**

**Determinación de la respuesta de *Periplaneta americana* L. a la aplicación de insecticidas microbiales**

**POR:**

**Aurora Vásquez Vásquez**

**TESIS**

**Presenta como requisito parcial para obtener el título de:**

**INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO**

**Aprobada por el Comité de Asesoría:**



**Dr. José Abraham Obrador Sánchez**  
Asesor Principal



**Dr. Antonio Castillo Martínez**  
Coasesor



**M.C. Sergio Hernández Rodríguez**  
Coasesor



**Ing. Bertha Alicia Cisneros Flores**  
Coasesor



**Dr. J. Isabel Marquez Mendoza**  
Coordinador de la División de Carreras Agronómicas



Torreón, Coahuila.

Septiembre 2023

# AGRADECIMIENTOS

## A mi Alma Mater

La **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** por acogerme estos 4 años y haberme formado como profesionista, ha sido mi segundo hogar y he aprendido mucho a lo largo del tiempo.

Al **Departamento de Parasitología** por apoyar a los alumnos en su trayecto de la carrera y a diferentes generaciones de estudiantes.

## A mis asesores de tesis:

Al **Dr. José Abraham Obrador Sánchez** por permitirme trabajar con él, apoyarme, corregirme y guiarme en el proceso experimental y escrito de mi tesis.

Al **M.C. Sergio Hernández Rodríguez** por guiarme a lo largo de mi carrera, por ser mi tutor y por preocuparse por mi formación académica y mi estadía en la escuela.

Al **Dr. Antonio Castillo Martínez** por ser participe en el proceso de mi tesis, apoyarme y brindarme sus conocimientos.

A la **Ing. Bertha Alicia Cisneros Flores** gracias por ser una excelente docente y haberme ayudado muchísimo en este proceso, de verdad la admiro muchísimo y agradezco haber sido su alumna.

A la **Ing. Gabriela Muñoz Dávila** por formar parte en este equipo y brindarme su apoyo.

Al **Ing. Didier Aguilera Ordaz** por ser un gran compañero y brindarme las atenciones necesarias durante la experimentación de la tesis en el laboratorio de Parasitología. Además de ser un gran amigo desde el principio de mi carrera, ayudarme y orientarme.

A mis **profesores de carrera** gracias por haberme brindado parte de sus conocimientos en clases, por ser grandes personas y docentes dignas de admirar. Por ayudar a formar buenos profesionistas, poniendo todo su amor y empeño.

## **DEDICATORIA**

### **A mis padres**

Delfino Vásquez Hernández y Luisa Vásquez López, papá y mamá, han sido pilares en mi formación, siempre me han dado lo mejor que pudieron y han sacrificado muchas cosas por mí. Agradezco mucho que ustedes hayan sido mis padres y no hubiera logrado nada sin ustedes, gracias por amarme y forjarme, los amo mucho. No debieron hacer nada por mí, son mis padres y eso es lo más fascinante del mundo. Me dieron un hogar lleno de amor y unos hermanos que amo con toda el alma y que daría mi vida por ellos si fuera necesario.

### **A mis hermanos**

Nataren. Gracias hermano. Has sido mi ejemplo a seguir y te admiro muchísimo, por ti aprendí muchas cosas en esta vida: me dejaste tu afición por leer, aunque nuestros géneros literarios sean diferentes, la afición por el anime y a tomar todas las enseñanzas de vida que este deja, a confiar y creer, económicamente también me has ayudado muchísimo y has sido como un segundo padre para mí. Sin ti créeme que no lo hubiera logrado. Me enseñaste tantas cosas y me guiaste en el camino, aún lo sigues haciendo y esta vida no me basta para demostrarte lo agradecida que estoy contigo. Todo esto ha sido gracias a ti.

Angel. Siempre has estado conmigo y hemos crecido juntos, Gracias a ti aprendí a ser fuerte en la vida, tus reprimendas a lo largo del tiempo han sido pautas que marcaron mi existir e hicieron que creciera con más confianza, me apoyaste y estuviste para mí ayudándome a sobrellevar muchos momentos difíciles, que aunque ahora me parecen banales, nunca los menospreciaste. Por todo, este logro también ha sido gracias a ti y te quiero mucho.

Isaac. Siempre serás el bebé de la familia, aunque cada día crezcas más y más y hoy seas un adolescente que está descubriendo muchas cosas, ten por seguro que Nataren, Angel y yo siempre estaremos para ti. Gracias por que tú también me has

enseñado muchas cosas, me has hecho ver en primera fila que el trabajo duro no funciona si no crees en ti mismo y que si tú quieres puedes lograrlo todo.

Gracias a ustedes tres todo en mi vida es posible, gracias por siempre apoyarme, consolarme y regañarme cuando lo merezco. Quiero que sepan que los amo infinitamente. Son lo mejor y agradezco tanto tenerlos como hermanos. Y creo ciegamente en que Gai sensei estaría muy orgulloso de nosotros. ¡Que el poder de la juventud explote!

### **A mis amigos:**

Priscila, Lizbeth. Anahí. Gracias por ser mis amigas, por apoyarme y acompañarme a lo largo de la carrera, pasamos por muchas cosas y tantas experiencias que quedaran en bonitos recuerdos, espero que nuestra amistad trascienda. Y aunque ya no nos veamos porque nuestros caminos se separarán, les deseo mucho éxito en su vida. Las quiero.

**A Santiago España Morales.** Gracias, gracias por estar conmigo, por preocuparte siempre, acompañarme y apoyarme en todo. Te conocí y no hubo duda de que eras una persona maravillosa y ahora que estoy contigo lo he confirmado. Me has ayudado y apoyado, siempre estas para mí y lo valoro infinitamente. Y así quiero estar siempre, envuelta con la serenidad de tus latidos, convencida que no existe un mejor lugar. Te quiero tanto.

## INDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	i
DEDICATORIA.....	ii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
ÍNDICE DE CUADROS.....	viii
ÍNDICE DE GRÁFICAS.....	ix
RESUMEN.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. OBJETIVOS.....	2
1.1.1 OBJETIVO GENERAL.....	2
1.1.2. OBJETIVOS PARTICULARES.....	2
1.2. HIPÓTESIS.....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Origen y evolución de las cucarachas.....	3
2.2. Importancia de las cucarachas.....	4
2.2.1. Importancia en la salud pública.....	4
2.2.2. Importancia ecológica.....	6
2.3. Géneros de cucarachas más importantes.....	7
2.3.1. <i>Blattella germánica</i> L.....	7
2.3.2. <i>Blatta orientalis</i> L.....	8
2.3.3. <i>Periplaneta americana</i> L.....	8
2.4. Plagas urbanas del género <i>Periplaneta</i> .....	9
2.4.1. <i>Periplaneta australasiae</i> (Fabricius).....	9
2.4.2. <i>Periplaneta fuliginosa</i> (Serville).....	10
2.4.3. <i>Periplaneta brunnea</i> (Burmeister).....	11
2.4.4. <i>Periplaneta americana</i> (Linnaeus).....	12
2.5. Historia de <i>P. americana</i> L.....	12
2.5.1. Ubicación taxonómica.....	13
2.5.2. Morfología y hábitos.....	13
2.5.3. Ciclo biológico de <i>Periplaneta americana</i> L.....	15
2.5.4. Etología de <i>P. americana</i> L.....	17

2.6. Métodos de control .....	18
2.6.1. Control químico .....	18
2.6.2. Cebos .....	19
2.6.3. Estrategias de bajo riesgo .....	19
2.6.4. Control biológico .....	21
2.7. Ingredientes activos de productos que se utilizan en el control de <i>P. americana</i> ...	21
2.8. Hongos entomopatógenos .....	22
2.8.1. <i>Beauveria bassiana</i> .....	23
2.8.2. <i>Paecilomyces lilacinus</i> .....	24
2.8.3. <i>Myrothecium verrucaria</i> .....	25
III. MATERIALES Y MÉTODOS .....	26
3.1. Ubicación geográfica .....	26
3.2. Preparación del material para la experimentación .....	26
3.3. Pruebas con productos de origen microbal .....	27
3.3.1. Procedimiento .....	29
3.3.1.1. Prueba ingestión .....	29
3.3.1.2. Impregnación directa .....	36
IV. RESULTADOS .....	38
V. DISCUSIÓN .....	44
VI. CONCLUSIONES .....	45
VII. BIBLIOGRAFÍA .....	46

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fósil de cucaracha del género <i>Ectobiinus</i> encontrado en América (Ecuavisa, 2014). ...	3
Figura 2. Cucaracha contaminando alimentos, siendo un riesgo para la seguridad alimentaria. (Ecolab, 2023).....	6
Figura 3. Cucaracha alimentándose de materia orgánica (TimeJust, 2023). ....	7
Figura 4. Cucaracha australiana <i>Periplaneta australasiae</i> F. (El desinfectador, 2023).....	10
Figura 5. Cucaracha café ahumada <i>Periplaneta fuliginosa</i> S. (Natusfera, 2023).....	11
Figura 6. <i>Periplaneta brunnea</i> B. (BugGuide. Net, 2023). ....	12
Figura 7. <i>Periplaneta americana</i> L. (Fuminor, 2023). ....	12
Figura 8. Ooteca de cucaracha. La parte que tiene forma de cresta es la parte superior y la inferior es más ancha (Pradera, 2012). ....	15
Figura 9. Ninfa de <i>Periplaneta americana</i> L. ....	16
Figura 10. Adulto de <i>Periplaneta americana</i> .L.....	17
Figura 11. Cucaracha americana alimentándose de noche (123RF).....	17
Figura 12. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, Torreón, Coahuila (Google maps, 2023). ....	26
Figura 13. Colecta de cucaracha <i>Periplaneta americana</i> L., en los registros de drenaje de la UAAAN UL, Torreón, Coahuila.....	27
Figura 14. <i>Beauveria bassiana</i> hongo entomopatógeno y <i>Myrothecium verrucaria</i> , nematicida de origen microbial.....	28
Figura 15. <i>Paecilomyces lilacinus</i> , hongo entomopatógeno. ....	28
Figura 16. Preparación de las soluciones con productos de origen microbiano y el nematicida de origen biológico.....	29
Figura 17. Impregnación de las soluciones con entomopatógenos en el pan. ....	30
Figura 18. Colocación de los especímenes de <i>P. americana</i> fase adulto en las cajas Petri .....	30
Figura 19. Pan impregnado de solución para la alimentación de las cucarachas. ....	31
Figura 20. Torunda de algodón empapado en agua colocándolo en la caja Petri para las cucarachas .....	31
Figura 21. Sellando el borde de la caja Petri con clean pack. ....	32
Figura 22. Caja Petri con el experimento vía ingestión. Dos especímenes de <i>P. americana</i> L. pan impregnado de solución y algodón con agua. ....	32
Figura 23. Caja 2 del tratamiento 1: Testigo.....	33
Figura 24. Caja 7 del tratamiento 2 de <i>Myrothecium verrucaria</i> . ....	33
Figura 25. Caja 11 del tratamiento 3 de <i>Beauveria bassiana</i> . ....	34

Figura 26. Caja 14 del tratamiento 4 de <i>Paecilomyces lilacinus</i> . .....	35
Figura 27. Tratamientos de la prueba con productos de origen microbial con sus testigos. ....	35
Figura 28. Pan y algodón puestos en la caja Petri para la prueba de impregnación directa. ....	36
Figura 29. Preparación de soluciones. ....	37
Figura 30. Impregnación directa de la solución al espécimen. ....	37

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1</b> .....	36
Prueba de productos de origen microbial vía ingestión con especímenes de <i>Periplaneta americana</i> en estado adulto. ....	36
<b>Cuadro 2</b> .....	38
Prueba de productos de origen microbial por impregnación directa con los especímenes de <i>Periplaneta americana</i> en estado adulto. ....	38
<b>Cuadro 3</b> .....	38
Resultados de los tratamientos con productos microbiales vía ingestión observados en <i>P. americana</i> L. en estado adulto. ....	38
<b>Cuadro 4</b> .....	41
Resultados de los tratamientos con productos microbiales por impregnación directa observados en <i>P. americana</i> L. en estado adulto. ....	41

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

<b>Gráfica 1</b> .....	39
Porcentaje de mortalidad de la prueba microbial vía ingestión en cucarachas <i>P. americana</i> L. en estado adulto. ....	39
<b>Gráfica 2.</b> .....	40
Número de muertes de los tratamientos de la prueba con productos de origen microbial vía ingestión en cucarachas <i>P. americana</i> L. en estado adulto.....	40
<b>Gráfica 3</b> .....	42
Porcentaje de mortalidad de la prueba microbial por impregnación directa en cucarachas <i>P. americana</i> L. en estado adulto. ....	42
<b>Gráfica 4.</b> .....	43
Número de muertes en los tratamientos de la prueba con productos de origen microbial por impregnación directa en las cucarachas <i>P. americana</i> L. estado adulto.....	43

## RESUMEN

Las cucarachas han evolucionado a lo largo del tiempo, especialmente las *Periplaneta americana* L., cuya presencia ante los humanos es poco tolerable, por su biología, hábitos y hábitats han sido importantes transmisores de enfermedades. En este estudio se analizaron 64 especímenes de cucaracha *P. americana* L. en estado adulto, recolectados en registros de drenaje de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna. Se realizaron dos pruebas con tres insecticidas de origen microbioal para el control de cucarachas, utilizando tres productos de origen microbioal comerciales, los tres a base de hongos entomopatógenos (*Beauveria bassiana*, *Myrothecium verrucaria* y *Paecilomyces lilacinus*). La primera prueba fue por vía ingestión, aplicando 1 gr de cada una de las soluciones en 1 gr de pan; la segunda prueba fue aplicando la solución por impregnación directa. Los resultados de las pruebas con productos de origen microbioal mostraron muy poca eficiencia, en la primera prueba las mortalidades estuvieron entre 12.5 % y 37.5 % y en la segunda prueba solo un producto mostró el 25% de mortalidad, además el tiempo que tardaron en morir fue muy largo.

### **Palabras clave:**

Cucaracha, *Beauveria bassiana*, *Myrothecium verrucaria*, *Paecilomyces lilacinus*

## I. INTRODUCCIÓN

Se han encontrado registros de las cucarachas en las estratificaciones del carbonífero superior, lo que significa que son insectos muy antiguos, pero las especies actuales se diferencian muy poco de sus ancestros; estas pueden actuar como transmisores y como reservorios naturales de agentes patógenos (Ramírez, 1989).

Debido a los hábitos que poseen, es seguro que contaminen los alimentos y llegan a convertirse en un problema de seguridad alimentaria. Con solo detectar una cucaracha es posible que exista un problema significativo de plaga; son de hábitos nocturnos y prefieren vivir y criarse en refugios cerca de los alimentos y la humedad (Ecolab, 2022).

Las cucarachas impactan drásticamente el medio económico y médico, pues infestan los alimentos y degradan los ambientes en donde se encuentran. Además, actúan como transmisores mecánicos de diversos patógenos, lo que contribuye a acrecentar los procesos alérgicos que ocasionan a través de sus heces y mudas (Gutiérrez, 2015).

Usar insecticidas para controlar a las cucarachas puede ocasionar un serio problema para la salud humana, además el costo para su control es elevado y es posible que se convierta en una carga significativa con el tiempo (Gutiérrez, 2015).

En los años transcurridos se han implementado diversas metodologías de control para evitar la aparición de cucarachas en lugares no deseados, unos más efectivos que otros, pero sin lograr controlarlas por completo, pues siempre vuelven a aparecer. Esta investigación se efectuó con la finalidad de evaluar el efecto de tres productos de origen microbial sobre cucarachas en estado adulto de *Periplaneta americana* para determinar la eficacia de los tratamientos.

## **1.1. OBJETIVOS**

### **1.1.1 OBJETIVO GENERAL**

Evaluar el efecto de tres productos de origen microbial sobre cucarachas en fase adulta de *Periplaneta americana* L. para determinar la eficacia de los tratamientos, comparando tres productos.

### **1.1.2. OBJETIVOS PARTICULARES**

Evaluar el efecto de los tratamientos de origen microbial sobre los especímenes adultos de *Periplaneta americana* L.

## **1.2. HIPÓTESIS**

Hipótesis alternativa: Los productos de origen microbial para el control de *Periplaneta americana* L. tienen un efecto letal y son efectivos como alternativa a los productos químicos.

Hipótesis nula: Los productos de origen microbial para el control de *Periplaneta americana* L. no tienen un efecto letal y no son efectivos como alternativa a los productos químicos.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Origen y evolución de las cucarachas

La cucaracha es el insecto más conocido de entre todos, los fósiles que se han hallado son clara evidencia de que han existido por más de 300 millones de años (Figura 1). Son consideradas como uno de los grupos de insectos más exitosos porque se acoplan a cualquier medio y se han ajustado a vivir con los humanos (Penn State Extension, 2016)

El término “cucaracha” aparentemente se origina del latín *cocum*, que significa grano o semilla, y *acha*, proviene del italiano *accio* que significa bajo o despreciable (Ramírez, 1989).



Figura 1. Fósil de cucaracha del género *Ectobius* encontrado en América (Ecuavisa, 2014).

Actualmente se han catalogado más de 4500 especies de cucarachas en el mundo (Hashemi y Oshaghi, 2015). Tienen una distribución mundial, con mayor diversidad y más abundantes en las regiones intertropicales (Pascual, 2015).

Aunque las cucarachas sean especialmente abundantes en los trópicos, se pueden encontrar de cada familia en diferentes biomas y hábitats, desde regiones templadas, selvas lluviosas, desiertos y demás lugares (Grandcolas, 1999).

## **2.2. Importancia de las cucarachas**

Desde su aparición en el carbonífero superior las cucarachas han constituido una forma de vida exitosa y estable. El hombre influyó a que las cucarachas se convirtieran en las plagas que son hoy en día, debido a sus hábitos y costumbres (Díaz *et al.*, 2003). Son insectos omnívoros, lo que significa que comen casi cualquier cosa incluyendo materia orgánica, residuos de comida, basura y heces (Ogg *et al.*, 2007); razón por la que su sistema digestivo está provisto de una flora bacteriana y una fauna tan extensa y variada que contiene todo tipo de microorganismo (Ramirez, 1989).

Constituyen una plaga doméstica muy antigua e importante principalmente debido a su biología y costumbres, pues son capaces de utilizar como alimento cualquier clase de materia vegetal o animal (Arnaldos, *et al.*, 2010).

Las cucarachas también cumplen grandes funciones en el mundo y resultan de gran importancia. Son una fuente importante de alimento para una serie de organismos, incluidos los artrópodos, las aves y los mamíferos. Son como todos los organismos una parte clave de la cadena alimentaria. Además de eso desempeñan un papel fundamental durante el ciclo de nutrientes y en la degradación del material vegetal (Bell, 2008).

Son una importante fuente de alimento para otras especies, por ejemplo, para las avispas parasitoides alférez que se desarrollan como depredadores solitarios dentro de las cajas de huevos de cucarachas y son su principal fuente de alimento (Mullins, 2012).

Las cucarachas también son beneficiosas para los humanos, no solo son una plaga higiénica, ya que su extracto puede ser utilizado con fines medicinales e incluso podría ser un organismo modelo para estudios de neurociencia y fisiología (Lin *et al.*, 2022).

### **2.2.1. Importancia en la salud pública**

De 4000 especies que existen alrededor del mundo, solo el 1 % de las cucarachas están asociadas con los humanos, las cuáles son considerados como una de las peores plagas debido al olor repulsivo que emiten, sus hábitos poco higiénicos y la transmisión de enfermedades (Petterson y Shurdut, 1999)

Las cucarachas son muy diversas desde formas, tamaños, colores y hábitats en los que persisten. Son pocas las que simbolizan importancia en la salud pública alrededor de 45 patógenos los que se conocen en la actualidad que pueden contagiar de manera mecánica, detectando sobre todo bacterias, hongos protozoarios, helmintos y virus (Ponce *et al.*, 2000). La razón por la que poseen tantos gérmenes se debe a su alimentación, son omnívoras por lo que se alimentan casi de cualquier cosa (Arnaldos, 2010).

Las cucarachas portan gérmenes patógenos que se mantienen admisibles en su exoesqueleto, tubo digestivo y excremento por incluso semanas. La propagación de estos patógenos se debe a que las cucarachas regurgitan el alimento, dejan heces en lugares poco deseables (Figura 2) y por tener contacto con sus extremidades. El cambio del hábitat que tienen de día y de noche las cucarachas domésticas ocasionan que sean perjudiciales como contaminantes. Durante el día yacen en lugares oscuros, húmedos y cálidos, como alcantarillas y desagües: de noche merodean por almacenes, cocinas o restaurantes (Ramírez, 1989).

Las cucarachas son principalmente activas durante la noche, por lo que muchas personas desconocen hasta qué punto contaminan los alimentos, dejan olores nauseabundos muy fuertes y desagradables (Coachran, 1999).

La exposición a alérgenos y la sensibilización alérgica a las cucarachas podrían contribuir a una mayor prevalencia del asma y otras enfermedades (Mendoza *et al.*, 2020).



Figura 2. Cucaracha contaminando alimentos, siendo un riesgo para la seguridad alimentaria. (Ecolab, 2023).

### **2.2.2. Importancia ecológica**

Las cucarachas se alimentan de materia orgánica en descomposición (Figura 3). Son insectos propios de ambientes húmedos por lo que juegan un papel muy importante junto con otros insectos en el desarrollo de transformación de la materia orgánica, para producir compost; las cucarachas ayudan a transformar los residuos sólidos orgánicos. Es mucha la importancia que tienen las cucarachas en el ambiente del compost y no radica únicamente en la trituración del material vegetal, sino que también colaboran a que el edafón sea más biodiverso y contribuyen en el proceso de descomposición de la materia orgánica para que sea efectivo al influir como indicadores ecológicos (humedad y cantidad de luz) y de recursos alimenticios en el compost (Arango *et al*, 2004).



Figura 3. Cucaracha alimentándose de materia orgánica (TimeJust, 2023).

### 2.3. Géneros de cucarachas más importantes

Las cucarachas más comunes en las viviendas que actúan como vectores naturales y experimentales son *Blattella germánica* L., *Blatta orientalis* L. y *Periplaneta americana* L (Ramirez, 1989).

#### 2.3.1. *Blattella germánica* L.

Conocida comúnmente como cucaracha alemana, pertenece a la familia Blattellidae, es una cucaracha doméstica y es de las más pequeñas, llegan a medir hasta 16 mm de longitud, son de tonalidad marrón claro presenta dos bandas oscuras que pasan sobre el pronoto detrás de la cabeza, es aplanada dorsoventralmente. Es una especie originaria de África y este de Asia y actualmente se ha dispersado por el mundo entero (Lira, 2020a). Se considera una especie plaga muy importante a nivel mundial por tener un ciclo de vida bastante corto y una tasa de fecundidad alta y también por su pequeño tamaño (Gutiérrez, 2015).

Su tipo de alimentación es omnívora, es capaz de alimentarse de cualquier cosa, aunque prefiere alimentos ricos en fécula, dulces y grasas. Pueden alimentarse también de heces fecales, cartón, etc. (Lira, 2020a). Es una especie gregaria de hábitos nocturnos, se le puede encontrar en el interior de hogares, en sitios calientes y húmedos. Eligen estar en grietas, donde la comida y agua estén cerca (Ponce *et al.*, 2000). Es reservorio de bacterias, virus y helmintos patógenos para el ser humano, gracias a sus hábitos de vida,

los patógenos se fijan a sus patas y cuerpo, y al hacer contacto con los alimentos los contamina y al ser ingerido por los humanos, estos quedan infectados (Lira, 2020a).

Se le considera plaga en relación a la salud pública por estar vinculada a un sinfín de microorganismos responsables de causar graves enfermedades al hombre (Leyva, 2022).

### **2.3.2. *Blatta orientalis* L.**

Conocida comúnmente como cucaracha negra, se cree que es procedente del Norte de África. Es una cucaracha pequeña, mide aproximadamente entre 25 a 30 mm de longitud. De coloración negro brillante o marrón rojizo oscuro. Los sexos se reconocen mediante las alas, las hembras las tienen reducidas y a los machos les cubren dos tercios de su abdomen. Las ninfas son muy similares a las de cucaracha americana. Sus ootecas son de forma irregular de 10 mm de longitud (Toala, 2016) y tienen por lo regular cerca de 16 huevos, las cargan durante 12 horas pudiendo ser hasta 5 días y las depositan en lugares donde haya alimento y humedad (Gutiérrez, 2015). Los estados adultos logran vivir de 32 a 180 días (Cornwell, 1968).

Cuando las circunstancias de temperatura y alimento son favorables, en 6 meses logran concluir su ciclo de vida; pueden requerir de más de 2 años si las condiciones son malas (Gutiérrez, 2015).

Prefieren áreas húmedas, son tolerantes al frío con temperatura debajo de los 29° C. se albergan en sótanos, alcantarillas, desagües y demás. Prefieren alimentarse con alimentos en estado de putrefacción, que al estar contaminados ocasiona que se conviertan en vectores de transmisión de enfermedades (Ponce *et al.*, 2000).

### **2.3.3. *Periplaneta americana* L.**

Conocida como cucaracha roja, es de la familia Blattidae, llega a medir más de 5 cm de longitud, esto la convierte en la especie común de mayor tamaño. Su cuerpo tiene una coloración marrón rojiza uniforme, a excepción de los márgenes del pronoto que es amarillo. Es originaria de África y Medio Oriente, se introdujo a América después de la conquista probablemente mediante el comercio. (Lira, 2020b).

Es un volador débil que opta por comida fermentada. Prefiere los lugares cálidos, se encuentra fuera y dentro de las casas, en ciudades con sistema de alcantarillado, en los desagües y demás (Ponce *et al.*, 2000). Por su forma de vida y alimentación, es un vector mecánico de microorganismos patógenos como virus, bacterias y hongos, los cuáles pueden adherirse a las patas y al cuerpo de la cucaracha y que al transitar encima de alimentos los contaminan (Lira, 2020b).

## **2.4. Plagas urbanas del género *Periplaneta***

Son 47 especies las que forman parte del género *Periplaneta* y ninguna es autóctona de América, fue gracias a las acciones del hombre que se introdujeron (Bell y Adiyodi 1981). De todas estas especies, *Periplaneta americana* L. es quien se encuentra distribuida en demasía por toda América, abarcando México (Damas, 2012).

### **2.4.1. *Periplaneta australasiae* (Fabricius)**

La cucaracha australiana mide aproximadamente 3 cm de largo, su cuerpo es color rojo, tiene una franja lateral amarillenta en el borde exterior de ambas alas como se muestra en la Figura 4. Las alas están completamente desarrolladas en ambos sexos y se extienden un poco más allá del abdomen. Los sexos se pueden diferenciar por el abdomen, las hembras lo tienen más robusto y presentan una quilla vertical en la punta del abdomen: por otro lado, los machos presentan agujas en la punta del abdomen (Cochrnl, 1999).

Las ootecas son colocadas en grietas por las hembras, normalmente al poco tiempo después de su formación, el tiempo que les toma incubar es de casi 30 días, cada ooteca tiene dentro alrededor de 24 huevos. Las ninfas y adultos habitan y se alimentan de la corteza de árboles muertos, y al infiltrarse en domicilios el almidón se convierte en su alimento más importante (Valverde, 2016).



Figura 4. Cucaracha australiana *Periplaneta australasiae* F. (El desinfectador, 2023).

#### 2.4.2. *Periplaneta fuliginosa* (Serville)

Es conocida como cucaracha café ahumada y tiene características muy similares a la cucaracha americana, pero es más pequeña, sus medidas son entre 25 mm a 33 mm de largo y son de color caoba uniforme (Figura 5), ambos sexos presentan alas que sobrepasan el cuerpo (Toala, 2016).

Las ninfas del primer estadio tienen el cuerpo de color negro brillante, con bandas blancas en las antenas. En el primer y segundo estadio se observa la parte del abdomen hacia arriba. Los estadios siguientes de ninfa son de color castaño. Los últimos estadios son muy parecidos de las ninfas de *P. americana*. La ooteca es de coloración marrón oscuro, miden de 11 a 14 mm de largo, las hembras la llevan durante 24 horas, la dejan caer o la pegan en alguna superficie. Es posible que eclosionen hasta 20 ninfas y los adultos viven de 2 a 6 meses (Gutiérrez, 2015). El número de estadios ninfales varían para las hembras de 10 a 12 y para los machos de 9 a 11 (Appel y Smith, 2002).

Su ciclo de vida necesita alrededor de 320 días para completar el desarrollo, pero cuando las temperaturas son menores de 15° C pueden duplicarse (Gutiérrez, 2015).



Figura 5. Cucaracha café ahumada *Periplaneta fuliginosa* S. (Natusfera, 2023).

Estos son voladores fuertes y su tipo de alimentación es omnívora. Es muy común hallarlas afuera de las casas, en composta y entre los hoyos de los árboles, escogen lugares cálidos, húmedos y huecos, con poca ventilación (Ponce *et al.*, 2000).

#### 2.4.3. *Periplaneta brunnea* (Burmeister)

Cucaracha café. Es muy parecida a la cucaracha americana, con el cuerpo más pequeño, de color café fuerte, el pronoto con una mancha central muy difusa café y fondo amarillento (Figura 6). Las alas están completamente desarrolladas y cubren la punta del abdomen en ambos sexos. Tiene cercos cortos y gruesos (Elizondo, 2014).

Se localizan en zonas urbanas y rurales, se sitúan generalmente sobre la corteza de los árboles. Pegan sus ootecas en superficies con yeso o cemento por lo regular y tienen un promedio de 24 huevos cada una (Valverde, 2016).



Figura 6. *Periplaneta brunnea* B. (BugGuide. Net, 2023).

#### 2.4.4. *Periplaneta americana* (Linnaeus)

Miden aproximadamente 3.5 a 4 cm de largo, su cuerpo es color marrón rojizo, tienen alas desarrolladas que les cubren todo el cuerpo (Figura 7) (Alonso, 2009).

Ambos sexos tienen aproximadamente el mismo tamaño, las hembras tienen el abdomen más grueso. Las alas están completamente desarrolladas en los adultos de ambos sexos y se extienden un poco más allá del abdomen en los machos. Los machos presentan cercos y agujas, en cambio las hembras solo presentan cercos. Las ootecas son muy pequeñas, miden unos 8 mm de longitud, de coloración marrón muy oscuro (Cochran, 1999).

Los excrementos y las cutículas de las cucarachas poseen una amplia variedad de alérgenos, de manera que van contaminando los lugares por los que pasan y esto ocasiona que muchas personas sensibles generen respuestas alérgicas, incluyendo procesos asmáticos, erupciones dérmicas y problemas respirativos (Lee, 1997).



Figura 7. *Periplaneta americana* L. (Fuminor, 2023).

#### 2.5. Historia de *P. americana* L.

Hay evidencia de que han existido hace más de 200-350 millones de años durante el Periodo Carbonífero, e incluso antes de los dinosaurios, por lo que son de los insectos

más primitivos (Ogg, *et al.* 2007); los hallazgos fósiles demuestran la antigüedad de las cucarachas (Penn State Extension, 2002). Este periodo geológico es conocido también como “La época de las cucarachas” debido a su abundancia. Aunque las condiciones ambientales hayan cambiado un poco, lograron adaptarse adecuadamente y evolucionaron a lo que son hoy (Ogg, *et al.* 2007).

Gracias a su habilidad de adaptación, han logrado vivir con los humanos, y se consideran como uno de los grupos de insectos más exitosos (Penn State Extension, 2002).

### 2.5.1. Ubicación taxonómica

**Dominio:** Eukarya

**Reino** Animalia

**Phyllum** Arthropoda

**Subphyllum** Atelocerata

**Superclase:** Hexapoda

**Clase:** Insecta

**Orden:** Blattodea

**Familia:** Blattidae

**Género:** *Periplaneta*

**Especie:** *Periplaneta americana* (Linneo) (Triplehorn y Johnson, 2005).

### 2.5.2. Morfología y hábitos

Son insectos concernientes al orden Blattodea, tienen el cuerpo quitinizado, aplanado dorsoventralmente con forma ovalada y dividido en tres regiones que comprenden la cabeza, el tórax y el abdomen (Jaramillo *et al.*, 1996). De la cabeza sobresalen dos antenas que funcionan como órganos táctiles y olfativos, presentan dos ojos compuestos y un aparato bucal masticador. Del tórax se extienden 3 pares de patas. En la punta del abdomen les sale dos pequeños cercos, que tienen la función de captar las vibraciones por el aire y los machos además de los cercos, presentan estilos, otros

órganos también sensoriales que tiene potencial táctil durante los intentos de cópula (Cornwell, 1968).

Tienen un escudo protector (pronoto) que les recubre la cabeza y el tórax. El primero, pronotum, aquí se encuentra casi toda la cabeza del insecto; el segundo, mesonotum y el tercero metonotum del cual se separan sus alas. El primer par de alas son coriáceas (tegminas), presentan una función protectora. Hay especies que presentan alas cortas (braquípteras) o ausentes (ápteras) (Guerrero y Cadena, 2016).

Cada par de patas proviene de cada uno de los tres segmentos torácicos, presentan un total de 6 patas ágiles y alargadas, especializadas para correr. Su abdomen consta de 10 segmentos y al término de estos se localizan sus órganos sensoriales, los cercos. Los machos poseen órganos que sujetan a la hembra y que diseminan durante la cópula, las hembras presentan apéndices que utilizan para ovopositar y para formar las ootecas (Jaramillo *et al.*, 1999).

La respiración se da a través de un sistema traqueal, consta de un sistema de tubos que se abren por medio de espiráculos al exterior que se encuentran distribuidos en parejas por el tórax y el abdomen, estos se conectan internamente a tráqueas que se expanden por todo el cuerpo (Guerrero y Cadena, 2016).

La circulación es abierta y carecen de venas, en lugar de eso tienen solo un vaso dorsal que se desenvuelve por todo el cuerpo, este corazón tubular impulsa la hemolinfa (Guerrero y Cadena, 2016). Los fluidos pasan por la cavidad bucal y se llevan los nutrientes del sistema digestivo hacia los tejidos para que estos sean absorbidos y los desechos son expulsados por el ano en heces (Jaramillo *et al.*, 1999).

La cucaracha americana. es una de las especies domésticas más abundantes. Están esparcidas en todas partes, primordialmente en sistemas de drenaje, sótanos y alcantarillas y regularmente en lugares donde los alimentos son preparados o almacenados como en restaurantes y panaderías, son atraídas por zonas oscuras y húmedas, es posible encontrarlas casi en cualquier lugar (Kathryn, 2008).

### 2.5.3. Ciclo biológico de *Periplaneta americana* L.

Las cucarachas pertenecen al grupo de insectos con metamorfosis gradual o paurometábola. Su ciclo de vida tiene tres etapas: huevo, ninfa con seis intermudas y el adulto (Coachran, 1999).

**Ooteca.** Es de color rojizo a café que mide de 8 a 10 mm de longitud (Figura 8) (Smith y Whitman, 1992). La hembra forma una ooteca una semana después del apareamiento, la cual transporta por un periodo de tiempo que puede ir desde pocas horas hasta cuatro días (Ponce, 2005). El lapso de incubación va de 30 a 45 días, con extremos informados de 24 a 100 días (Cornwell, 1968).

Las hembras sueltan o pegan las ootecas en diversas superficies después de unas horas o días después de su formación. Cada una tiene de 12-16 embriones (Ponce, 2005). Las depositan en áreas húmedas y con alimento, logran pegarse por las secreciones bucales que la hembra genera (Valverde, 2016). A lo largo de su vida las hembras producen ootecas, se forman semanalmente, y pueden procrear de 15 a 90 con alrededor de 15 huevos cada una, en 50 días aproximadamente son liberadas las ninfas (Gutiérrez, 2015).



Figura 8. Ooteca de cucaracha. La parte que tiene forma de cresta es la parte superior y la inferior es más ancha (Pradera, 2012).

**Ninfa.** Su primera muda se produce dentro de las ootecas y mudan 11 veces más para llegar a ser adultas. Después de su quinta muda se tornan de una coloración café rojizo (Valverde, 2016). Sus alas no están desarrolladas en las etapas de ninfa como se

muestra en la figura 9, pero se hacen presentes las alas en forma de almohadillas en el tercer o cuarto instar (Bárbara, 2000), maduran en aproximadamente 215 días; algunos estudios señalan que logran madurar hasta en 600 días (Alonso, 2009).

Son similares al adulto, diferenciándose en el tamaño, estas son más pequeñas y no tienen bien desarrollados sus alas y genitales externos (Ramírez, 1989).



Figura 9. Ninfa de *Periplaneta americana* L.

**Adulto.** Miden aproximadamente 4 cm de largo y son de coloración marrón rojizo, tienen alas bien desarrolladas y le cubren todo el largo del cuerpo. El pronoto es café rojizo con bordes amarillos (Figura 10). La hembra se diferencia por presentar el abdomen más ancho que el macho, solamente el macho posee cercos y estilos (Alonso, 2009). Las hembras y los machos son alados, las alas de las hembras son más cortas que la de los machos (Smith y Whitman, 1992).



Figura 10. Adulto de *Periplaneta americana*.L.

#### 2.5.4. Etología de *P. americana* L.

Son insectos nocturnos y se les puede ver fácilmente porque salen en busca de alimento y a aparearse (Figura 11), es posible encontrarlas también en el día particularmente si el nivel de infestación es alto o si carecen de alimento y agua (Ogg, *et al*, 2007).

Es una especie peri-doméstica, lo que significa que les es posible vivir sin depender directamente de las actividades del hombre, son insectos que necesitan de lugares húmedos, pero se adaptan fácilmente a ambientes secos, mientras tengan agua (Ogg, *et al*, 2007).



Figura 11. Cucaracha americana alimentándose de noche (123RF).

Las cucarachas poseen tres tipos de comportamiento social, gregarias (agregación), subsocial (cuidado de ninfas), y solitaria (comunicación, prioritariamente por el cortejo) a través de feromonas, durante el cortejo y la cópula, la visión no tiene mucha importancia (Arce y Enciso, 2009).

Gregarismo, en las especies ovovivíparas, la madre y sus larvas ya están juntas al nacer las crías. Esto no ocurre con las especies ovíparas que abandonan las ootecas tras ser puestas. Pudo haber favorecido la evolución de la conducta social unos hábitats

restringidos y los recursos dispersos. La conducta subsocial es diversa, se han encontrado en especies tanto ovovíparas (especialmente) y en un género ovíparo, aquí las hembras proporcionan a sus crías comida y refugio, alimento a base de fluidos digestivos o secreciones de glándulas especializadas y refugio en madrigueras en el suelo. La conducta solitaria, las cucarachas se dispersan con rapidez tras su nacimiento y no presentan atracción mutua (Grandcolas, 1999).

## **2.6. Métodos de control**

Las cucarachas son importantes transmisoras de enfermedades por los microorganismos patógenos que portan y transmiten por medio de regurgitamientos y heces, principalmente a individuos susceptibles, por ello son consideradas plagas muy importantes a nivel mundial (Salehzadeh *et al.*, 2007).

La cucaracha americana es un portador y transmisor mecánico de diversos patógenos microbianos de humanos. Su control principal se basa en el uso de insecticidas químicos (Damas, 2012) pero hay registros de que logran desarrollar resistencia y eso dificulta aún más controlarlas, además afectan a otros organismos y al ambiente, son tóxicos para el hombre y otros insectos (Pai *et al.*, 2004) también en menor grado se controla por bioinsecticidas y hongos entomopatógenos (Damas, 2012).

### **2.6.1. Control químico**

Cuando se trata de controlar plagas, siempre sale a relucir el control químico como primer recurso, pero su uso se vuelve difícil porque los insectos presentan potencial desarrollo de resistencia a los insecticidas o plaguicidas usados comúnmente, también por los perjuicios que pueden causar a la salud y al medio ambiente (Stephenson, 1993).

Los plaguicidas o Insecticidas son mezclas o sustancias, en cualquier estado físico, que se usa principalmente para combatir, prevenir y controlar plagas y enfermedades, su objetivo es resguardar al hombre de cualquier organismo que pueda afectar su ambiente (Manahan, 2007).

Los plaguicidas son considerados compuestos microcontaminantes orgánicos que se dispersan por los sistemas bióticos (animales y plantas) y abióticos (suelo, aire y agua)

y dependiendo del tipo de plaguicida que se use, será el daño que les provoque. El agua es el elemento que se contamina más rápido debido a acciones como verter residuos de estos compuestos al agua, estropean su pureza convirtiéndola tóxica, la toxicidad se da por dos mecanismos: (Martínez, 2010).

#### Bioconcentración.

Se trata de la entrada de un producto químico concentrado en el medio hacia el interior del organismo (Martínez, 2010).

#### Bioampliación.

La concentración de los productos químicos aumenta en el tejido y órganos del organismo en medida del tamaño que tenga, aunque haya devorado a un organismo mucho más pequeño (Martínez, 2010).

### **2.6.2. Cebos**

Son sustancias mixtas con un ingrediente activo o de formulación comestible. Estos se colocan en donde viven las cucarachas para que las consuman y las mate, los cebos actúan lentamente. Hay cebos que siguen activos en las heces de las cucarachas. Su aplicación es sencilla y son fácilmente removibles una vez completado el control. Una de las desventajas que se han presentado es la resistencia, las cucarachas rechazan el cebo y los evitan, para prevenir estos comportamientos, lo ideal es alternar los ingredientes activos y fabricantes acorde las aplicaciones (Ogg *et al.*, 2007).

### **2.6.3. Estrategias de bajo riesgo**

#### **2.6.3.1. Desecantes**

Existen sustancias que tienen la capacidad de reseca a los insectos con solo hacer contacto, el cuerpo de los insectos se conforma de sustancias líquidas, las cuales son protegidas por una capa cerosa y evita que pierdan humedad. Los desecantes destruyen esta capa y las mata (Ogg *et al.*, 2007).

Los desecantes más efectivos son:

**Tierra diatomácea:** Es un polvo blanco que se origina de los restos fosilizados de fitoplancton marino. Al ser aplicados sobre insectos con exoesqueleto provoca la ruptura

de su recubrimiento de cera y les provoca la muerte. Pero no les causa ningún daño a los mamíferos (Lima, 2023).

**Aerogel de sílice:** Sustancia inerte no abrasiva, se usa como un deshidratador, pues sus partículas absorben la humedad y los aceites. Sus partículas tienen una carga estática la cual les ayuda a adherirse en el cuerpo de la cucaracha. Ya adherido el aerogel absorbe y destruye la capa cerosa que protege a la cucaracha, la deseca y muere (Ogg *et al.*, 2007).

**Ácido bórico:** es un polvo derivado del bórax, el cual actúa como veneno estomacal, es de acción lenta. Se puede aplicar esparciéndolo por cualquier superficie, una vez que las cucarachas hayan caminado por él, lo ingieren al limpiarse y mueren. Debido a que es de acción lenta, es posible que también mueran por deshidratación, porque el ácido absorbe la cera que tiene el exoesqueleto de la cucaracha. No es dañino para los humanos ni otros mamíferos, pero se debe manejar lejos de niños y mascotas. Se mantiene activo indefinidamente (Ogg *et al.*, 2007).

### 2.6.3.2. Reguladores del crecimiento de los insectos RCI

Actúan alterando el desarrollo y crecimiento de las cucarachas, sus efectos se han observado en las ninfas, aunque también afectan la fertilidad de los adultos. Y son menos tóxicos ante organismos que no son su objetivo, como a lo humanos, por ejemplo (Ogg *et al.*, 2007).

**Hidroprene** (Gentrol®). Su formulación es líquido concentrado o aerosol para que el cuerpo de la cucaracha lo absorba, las que son afectadas presentan un color más oscuro y las alas se deforman y arrugan, pero no las mata, en realidad este es un control de natalidad, lo que hace es que las cucarachas se vuelvan infértiles. Dura de 90 a 120 días antes de que se necesite otra aplicación. Casi no es tóxico para los humanos (Ogg *et al.*, 2007).

**Noviflumurón.** Así como el hidroprene, no ocasiona la muerte de las cucarachas, solo evita que dejen su exoesqueleto, de esta forma no puede crecer y muere (Ogg *et al.*, 2007).

**Piriproxifén** (Archer®, Nylar®). Actúa como el hidoprene en cucarachas, no las mata, sino que las ninfas afectadas llegan a ser adultas infértiles. Actúa lento pero no es tóxico para los humanos (Ogg *et al.*, 2007).

#### **2.6.4. Control biológico**

Son muchos los beneficios de utilizar control biológico como el crecimiento de la biodiversidad, alimentos más saludables sin residuos de plaguicidas. Los entomopatógenos son específicos de ciertas plagas y tienen la capacidad de control a largo plazo. Pero las desventajas también se hacen notar, pues en su mayoría es que el tiempo de acción para matar al insecto es muy largo y el costo en comparación con los insecticidas químicos es muy elevado. Muchos patógenos aún no han sido probados en el campo por lo que se desconoce su patogenicidad para cucarachas (Gutiérrez, 2015).

### **2.7. Ingredientes activos de productos que se utilizan en el control de *P. americana***

**Tetrametrina:** de la familia de las piretras, es un insecticida utilizado para controlar cucarachas y otros insectos, actúa como un neurotóxico, afectando el sistema nervioso del insecto e interfiere con las transmisiones de los impulsos nerviosos, provocándole parálisis y muerte (Ray, 2010).

Para el control de las cucarachas *P. americana*, la tetrametrina se aplica en forma de aerosol o en cebo, así cuando la cucaracha entra en contacto con el insecticida y lo absorbe a través de sus patas y antenas, ocasiona una interferencia en su coordinación motora y en su capacidad para adaptarse al ambiente y sus cambios, y a reducir su tasa de reproducción (Clemens, 2019).

**Cifenotrina:** (Piretroidea sintético) insecticida de acción rápida, su modo de acción es por contacto y por ingestión, ataca principalmente al sistema nervioso, les provoca temblores a los insectos y después la muerte. Está relacionado con el ácido crisantémico (NCBI, 2023).

**Propuxur:** es un insecticida residual, es un polvo cristalino blanco con un ligero olor. Su modo de acción es por contacto. Está formulado como cebo granular y su acción es más rápida que los demás (Ogg *et al.*, 2007).

**Praletrina:** La praletrina (piretroide sintético) es un insecticida que se usa con bastante frecuencia contra plagas domésticas como mosquitos, moscas y cucarachas, su modo de acción es por contacto, ataca al sistema nervioso de las cucarachas e insectos (Bhaskar, 2010).

**Deltametrina:** piretroide sintético de tipo II, el cual se utiliza como insecticida y acaracida a nivel mundial. es un insecticida muy potente para insectos y de baja toxicidad para mamíferos y aves. Pero para los humanos el consumir alimentos con residuos de deltametrina puede afectar la salud a largo plazo (Lu *et al*, 2018).

## 2.8. Hongos entomopatógenos

Las especies que son importantes de controlar en su mayoría son las que afectan a la salud pública: las plagas urbanas, por ello el uso de entomopatógenos ha sido enfocado principalmente a controlar este tipo de especies. Las cucarachas son susceptibles sobre todo a dos especies de hongos, *B. bassiana* e *Isarea (Pecilomyces) farinosus* (Damas, 2012).

Los insectos presentan enfermedades al ser atacados por los microorganismos entomopatógenos (Rodríguez y Sáenz, 1999), son muchos los agentes causales. Su forma de acción es entrar en el insecto por medio del tubo digestivo, se expresa la enfermedad y ocasiona la muerte del hospedante (Badii y Abreu, 2006)

Son organismos vivos que originan una patogénesis letal en una gran diversidad de insectos, razón por la que se utilizan colmadamente. Estos infectan al insecto por medio de la cutícula, es así como logran ejercen diferentes mecanismos de acción para evitar que logren desarrollar resistencia (Samson, 1988).

La mayor parte de estos hongos son patógenos obligados, lo que significa que precisan de un insecto vivo para lograr sobrevivir; o facultativos, estos por el contrario no necesitan de un insecto debilitado, solo lo invaden o no y algunos son simbióticos, generan asociaciones con el insecto y ambos obtienen beneficios uno del otro (Damas, 2012).

Entra las ventajas que tiene el uso de entomopatógenos la mayor es que no causan repercusiones en la salud, son seguros y la resistencia que inducen es mucho

menor en comparación de los químicos; asimismo es posible que se den transmisiones de insecto a insecto (auto-diseminación del agente de biocontrol) (Latiflan *et al*, 2013).

Las cucarachas viven en agrupaciones, esto hace que el control mediante el uso de entomopatógenos sea más efectivo y tenga una mayor ventaja con relación de los químicos, pues con estos no hay una transmisión; mientras que con los microorganismos entomopatógenos la dispersión se mantiene por un tiempo prolongado. También tiene desventajas el uso de este control, pues el tiempo de acción en que logra ocasionar la muerte del insecto es mayor, los costos son altos para producirlos y la susceptibilidad que presentan en sus fases de desarrollo son diferentes, es posible que también se vea afectado por tener una vida útil menor a la de los químicos y por diversos factores ambientales como la lluvia y cambios de temperatura (Damas, 2012).

### **2.8.1. *Beauveria bassiana***

Es un hongo anamórfico, produce conidios esféricos, también se conoce como entomopatógeno pues ataca a los artrópodos (Hoog, 1972).

Las fases inmaduras (larvarias o ninfas) presentan más susceptibilidad ante la infección por hongos; pero se tiene evidencia que en otras especies quien presenta mayor susceptibilidad son los adultos (Tanada y Kaya, 1993).

El ciclo de infección de los entomopatógenos a insectos abarca la infección por medio de esporas, la adhesión y germinación de esta, la producción de toxinas y la esporulación (Tanada y Kaya, 1993).

Adhesión: para que se lleve a cabo la infección es imprescindible que la espora del hongo se adhiera a la cutícula del insecto. Los conidios de *Beauveria bassiana* tienen la habilidad de modificar su metabolismo, por lo que pueden sobrevivir y ser infectivos en diversos ambientes, y así bajan sus condiciones nutritivas o las activan, salen de su estado de dormancia e inician la formación del tubo germinativo (Smith *et al.*, 1981).

Germinación: la germinación de la espora se ve favorecida por un porcentaje de humedad alta (70%) y para que se lleve a cabo este proceso, es necesario que la humedad, temperatura y condiciones nutricionales estén estrechamente relacionadas (Mendoza, 1992). Es sabido que la germinación es acelerada cuando las temperaturas

son entre 25-32°C y la humedad de 97-100%; pero a temperaturas de 35°C el crecimiento vegetativo del hongo es mayor y esto es conveniente en la infección fúngica. Particularidades como la edad y sexo del insecto, también influyen en la micosis, pues son importantes para la interacción del patógeno con el hospedero (James *et al.*, 1998).

Formación de apresorio: un tubo germinativo y un apresorio son producidos por el conidio o espora y estos rompen los sitios membranosos, así el apresorio queda fijado a la cutícula y el tubo germinativo presiona para que penetre al insecto (Monzon, 2001). Esto acontece 24 h después de la inoculación (Wasti y Hartmann, 1975), es común esta forma de penetración, pero existen otras formas como por la cavidad bucal, espiráculos y otras aberturas externas del insecto que los hongos pueden utilizar como vía de entrada (Charnley, 1984).

Toxinas: una vez que lleguen al hemocele, *B bassiana* genera blastosporas para su crecimiento vegetativo, mientras que casi todos los hongos transforman el crecimiento micelial en gemación. También crean toxinas y enzimas, pero algunos hongos no las poseen por lo que matan al insecto por destrucción física o cuando consumen todos sus nutrientes (Jeffer *et al.*, 1997).

Esporulación: es en los espiráculos, ano y boca a través de las regiones intersegmentales del insecto por donde empiezan a surgir las hifas del hongo. Si la disposición de agua es la idónea, los hongos empiezan a producir estructuras infectivas. Si las condiciones son poco propicias, estas se quedan en el interior del cadáver del insecto, ahí sobreviven por algunos meses provisionalmente mientras las condiciones favorables surjan y entonces se producirán. Factores como la humedad y la fluctuación pueden interponerse en la esporulación (Fargues y Luz, 1998).

### **2.8.2. *Paecilomyces lilacinus***

Es uno de los hongos nematicidas más práctico para controlar nemátodos en la agricultura (Neething, 2002). Es encontrado como habitante del suelo, logra sobrevivir en materia orgánica y es muy común encontrarlo siempre presente en el campo, sobretodo en lugares húmedos y donde la incidencia de plaga es significativa. También es patógeno de insectos (Monzón *et al.*, 2009).

Este hongo actúa parasitando huevos, adultos y quistes de nemátodos (Monzón et al, 2009), destruye los ovarios y reduce su eclosión. Al parasitar las masas de huevos de los nemátodos, los dejan estériles y muertos; atacan la masa gelatinosa donde son puestas las colonias sobre la hembra, que después de unos días eclosionan y los efectos son desastrosos para los nemátodos; por esta acción parasítica hay un efectivo control para las generaciones posteriores (Bernal *et al.* 2002).

### **2.8.3. *Myrothecium verrucaria***

*Myrothecium verrucaria* es un hongo del orden Hypocrea. Es un patógeno vegetal, se localiza naturalmente en el suelo y en plantas. Es un agente degradante de celulosa muy potente. Formulada como biopesticida para el control de nematodos y malezas. Su ingrediente activo del insecticida es una mezcla del hongo muerto del hongo de la verruga y el líquido en el que ha crecido el hongo (Encyclopedia, 2023).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Ubicación geográfica

Este trabajo se desarrolló del 19 de febrero de 2022 al 25 de marzo del mismo año en el Laboratorio de Parasitología de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, ubicada en el municipio de Torreón, Coahuila, con coordenadas 25.5553° o 25° 33' 19" latitud norte y -103.37061° o 103° 22' 14" longitud oeste (Figura 12) (Mapcarta, 2023).

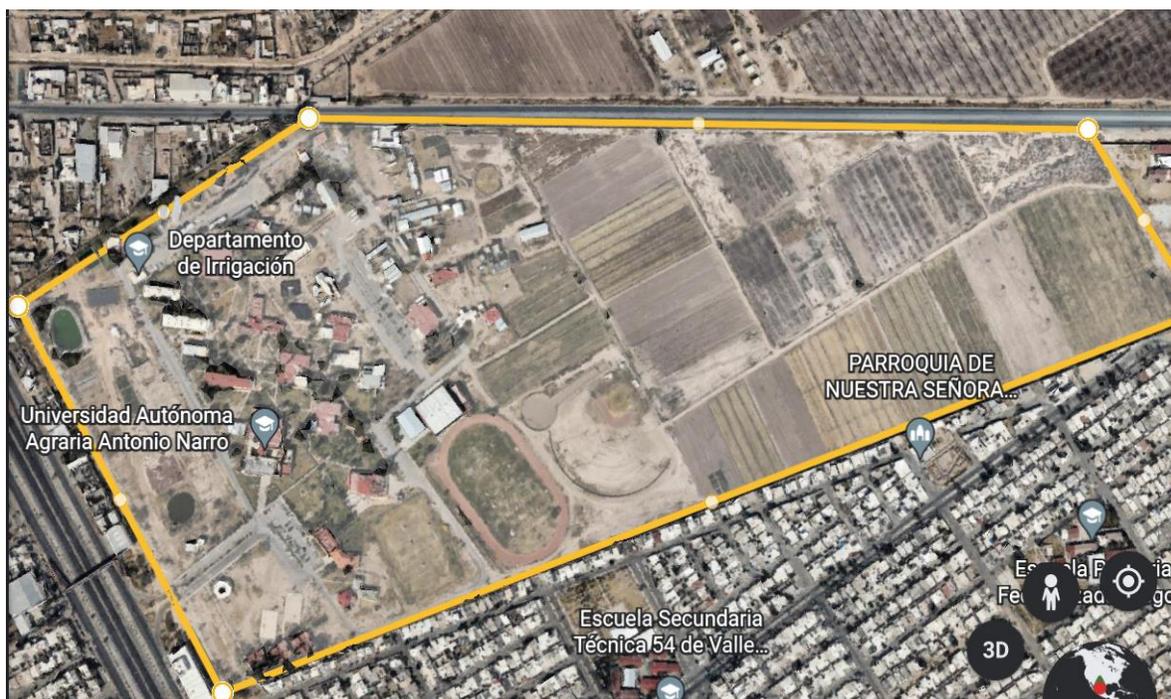


Figura 12. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, Torreón, Coahuila (Google maps, 2023).

La colecta de cucarachas adultas de *P. americana* para la realización de los experimentos se llevó a cabo en los registros de drenaje en las instalaciones de la UAAAN, UL.

#### 3.2. Preparación del material para la experimentación

Con tela de tul de poro delgado se hicieron pequeños trozos de aproximadamente 4 x 4 cm. Se utilizaron 16 cajas Petri de plástico de 15 cm de diámetro, a cada una de

las tapas de estas se les hizo un pequeño orificio de 1 cm de diámetro aproximadamente y con ayuda del silicón se pegaron los trozos de tela sobre ellas.

En la Figura 13 se muestra la forma en que se realizaron las colectas de las cucarachas adultas en los registros de drenaje de la Universidad con ayuda de frascos de vidrio y guantes de látex.



Figura 13. Colecta de cucaracha *Periplaneta americana* L., en los registros de drenaje de la UAAAN UL, Torreón, Coahuila.

### 3.3. Pruebas con productos de origen microbal

Se utilizaron productos de origen microbianos comerciales, una cepa patogénica del hongo *Beauveria bassiana*, (Atento, Agroquímicos VERSA S.A. de C.V.), un nematicida de origen biológico que se obtiene de la fermentación del hongo *Myrothecium verrucaria* (Ditera Df, Valent BioSciences); también se utilizó una cepa patogénica del hongo *Paecilomyces lilacinus* (Chimal, Agroquímicos, VERSA S.A. de C.V.). Para ello, a cada caja Petri se le colocaron dos cucarachas adultas y en ella se colocó una torunda de algodón impregnada de agua y 1 gr de pan humedecido con un 1 ml de solución de cada producto biológico.

Preparación de soluciones:

Para la preparación de las soluciones se utilizaron productos de origen microbiano (Figura 14 y 15).

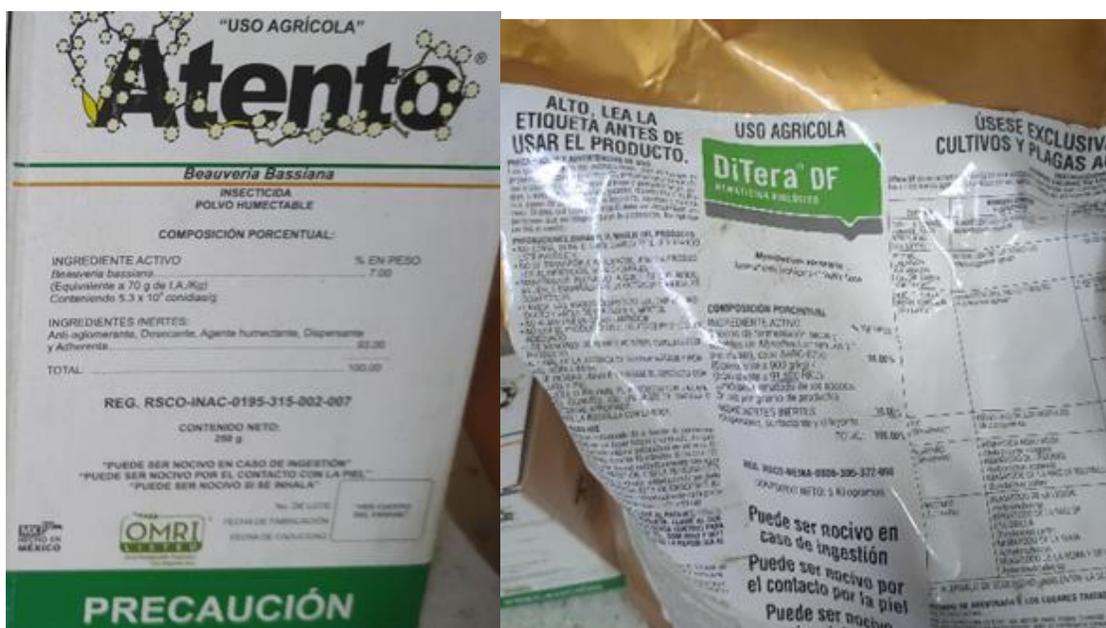


Figura 14. *Beauveria bassiana* hongo entomopatógeno y *Myrothecium verrucaria*, nematocida de origen microbial



Figura 15. *Paecilomyces lilacinus*, hongo entomopatógeno.

Para realizar la solución se utilizaron; para el hongo entomopatógeno: *Beauveria bassiana*: 100 ml de agua destilada con 35 gramos del producto, estos productos se disolvieron con ayuda de una pipeta (Figura 16).

Para el nematocida de origen microbio *Myrothecium verrucaria* se diluyeron 45 gramos de producto en 100 ml de agua destilada y el hongo entomopatógeno *Paecilomyces lilacinus*: se diluyeron 30 gramos de producto en 100 ml de agua destilada.



Figura 16. Preparación de las soluciones con productos de origen microbio y el nematocida de origen biológico.

### 3.3.1. Procedimiento

#### 3.3.1.1. Prueba ingestión

Se cortaron 16 trozos de pan de 1 gr cada uno, se dividieron en 4 grupos de 4 y a cada grupo se le impregnó 1 ml de agua destilada, solución de *Beauveria bassiana*, solución de *Myrothecium verrucaria* y solución de *Paecilomyces lilacinus*, respectivamente (Figura 17).



Figura 17. Impregnación de las soluciones con entomopatógenos en el pan.

Cada caja Petri fue enumerada del 1 al 16; se utilizaron 4 cajas Petri para cada tratamiento, el primer tratamiento fue el testigo y los otros fueron los productos de origen microbiano, se le colocaron 2 especímenes de cucaracha por cada caja (Figura 18), el gramo de pan impregnado de solución (Figura 19) y una torunda de algodón con agua (Figura 20).



Figura 18. Colocación de los especímenes de *P. americana* fase adulto en las cajas Petri



Figura 19. Pan impregnado de solución para la alimentación de las cucarachas.



Figura 20. Torunda de algodón empapado en agua colocándolo en la caja Petri para las cucarachas.

Para establecer las pruebas con productos de origen microbiano vía ingestión se colocaron 2 cucarachas, un pedazo de pan con la solución y la torunda de algodón con agua y una vez hecho esto se sellaron con clean pack (Figura 21).



Figura 21. Sellando el borde de la caja Petri con clean pack.



Figura 22. Caja Petri con el experimento vía ingestión. Dos especímenes de *P. americana* L. pan impregnado de solución y algodón con agua.

De esta manera se estableció el experimento vía ingestión con 3 tratamientos y 1 testigo para cucarachas en estado adulto (Figura 22).

## Tratamiento 1.

Se estableció el tratamiento 1, donde a las cajas enumeradas del 1 al 4 se les colocó dos especímenes de cucarachas, 1gr de pan impregnado de 1ml de agua y una torunda de algodón con agua, selladas del borde con clean pack. Este fue el testigo (Figura 23).



Figura 23. Caja 2 del tratamiento 1: Testigo.

## Tratamiento 2

Para el tratamiento 2, se utilizaron 4 cajas Petri enumeradas de 5 al 8, cada una contenía dos especímenes de cucarachas, 1 gr de pan impregnado con 1 ml de solución de *Myrothecium verrucaria* y una torunda de algodón (Figura 24).



Figura 24. Caja 7 del tratamiento 2 de *Myrothecium verrucaria*.

### Tratamiento 3

En cuatro cajas Petri enumeradas de 9 al 11 se estableció el tercer tratamiento, contenía dos individuos de cucarachas adultas, 1gr de pan impregnado de 1 ml de solución de *Beauveria bassiana* y una torunda de algodón con agua (Figura 25).



Figura 25. Caja 11 del tratamiento 3 de *Beauveria bassiana*.

### Tratamiento 4

El tratamiento 4 consistía de dos ejemplares de cucarachas, junto con 1 gr de pan impregnado de solución de *Paecilomyces lilacinus* y una torunda de algodón (Figura 26) las cajas de este tratamiento fueron enumeradas del 13 al 16.

Fueron 16 cajas por el experimento (Figura 27).



Figura 26. Caja 14 del tratamiento 4 de *Paecilomyces lilacinus*.



Figura 27. Tratamientos de la prueba con productos de origen microbial con sus testigos.

Establecida la prueba, cada 7 días el alimento y agua se cambiaban, siempre las mismas porciones, igual que con las soluciones.

En el Cuadro 1 se agrupan los datos de la prueba con productos de origen microbial vía ingestión sobre adultos de *Periplaneta americana* L.

## Cuadro 1

Prueba de productos de origen microbial vía ingestión con especímenes de *Periplaneta americana* en estado adulto.

### 3.3.1.2. Impregnación directa

Al igual que en la prueba anterior, se colectan especímenes adultos de *P.*

Producto utilizado	Tipo de producto	Producto utilizado a base de	Tipo de prueba	Cantidad utilizada de la solución preparada
Agua	Testigo	Agua	Ingestión	1 ml de agua
Ditera DF	Nematicida de origen microbial	<i>Myrothecium verrucaria</i>	Ingestión	1 ml de <i>Myrothecium verrucaria</i>
Atento	Hongo entomopatígeno	<i>Beauveria bassiana</i>	Ingestión	1 ml de <i>Beauveria bassiana</i>
Chimal	Hongo entomopatígeno	<i>Paecilomyces lilacinus</i>	Ingestión	1 ml de <i>Paecilomyces lilacinus</i>

*americana*, se cortan 16 trozos de pan de 1 gr cada uno; 16 torundas de algodón; se preparan las mismas soluciones. Y se acondicionan 16 cajas Petri con orificios en las tapas y tela de tul sobre ellos.

A cada caja Petri se le coloca un pedazo de pan (sin ninguna solución, el pan seco) y un algodón impregnado de agua (Figura 28).



Figura 28. Pan y algodón puestos en la caja Petri para la prueba de impregnación directa.

Las soluciones preparadas (Figura 29) fueron colocadas con ayuda de una brocha directamente sobre la cucaracha (Figura 30) para que el producto penetrara por la cutícula, espiráculos y demás aberturas del insecto. Y así observar la diferencia con la de vía ingestión.



Figura 29. Preparación de soluciones.



Figura 30. Impregnación directa de la solución al espécimen.

Las cajas se enumeraron del 17 a 32. Se utilizaron 4 cajas por tratamiento y se estableció así el experimento biológico por impregnación directa a las cucarachas adultas de *P. americana*. Establecida la prueba, cada 7 días el alimento y agua se cambiaban,

siempre las mismas porciones, no se volvió a colocar soluciones al insecto. En el Cuadro 2 se agrupan los datos de la prueba con productos de origen microbial por impregnación directa sobre adultos de *Periplaneta americana*

### Cuadro 2.

Prueba de productos de origen microbial por impregnación directa con los especímenes de *Periplaneta americana* en estado adulto.

Producto utilizado	Tipo de producto	Producto utilizado a base de	Tipo de prueba	Cantidad utilizada de la solución preparada
Agua	Testigo	Agua	Impregnación directa	1 ml de agua
Ditera DF	Nematicida de origen microbial	<i>Myrothecium verrucaria</i>	Impregnación directa	1 ml de <i>Myrothecium verrucaria</i>
Atento	Hongo entomopatógeno	<i>Beauveria bassiana</i>	Impregnación directa	1 ml de <i>Beauveria bassiana</i>
Chimal	Hongo entomopatógeno	<i>Paecilomyces lilacinus</i>	Impregnación directa	1 ml de <i>Paecilomyces lilacinus</i>

## IV. RESULTADOS

A continuación, se muestran los resultados de la prueba con productos de origen microbial vía ingestión la cual se mantuvo por 26 días, observándose que no hubo muertes en el testigo y que se presentó un 37.5 % de mortalidad para *Myrothecium verrucaria*, un 12.5 % para *Beauveria bassiana* y un 37.5 % para *Paecilomyces lilacinus*.

### Cuadro 3.

Resultados de los tratamientos con productos microbiales vía ingestión observados en *P. americana* L. en estado adulto.

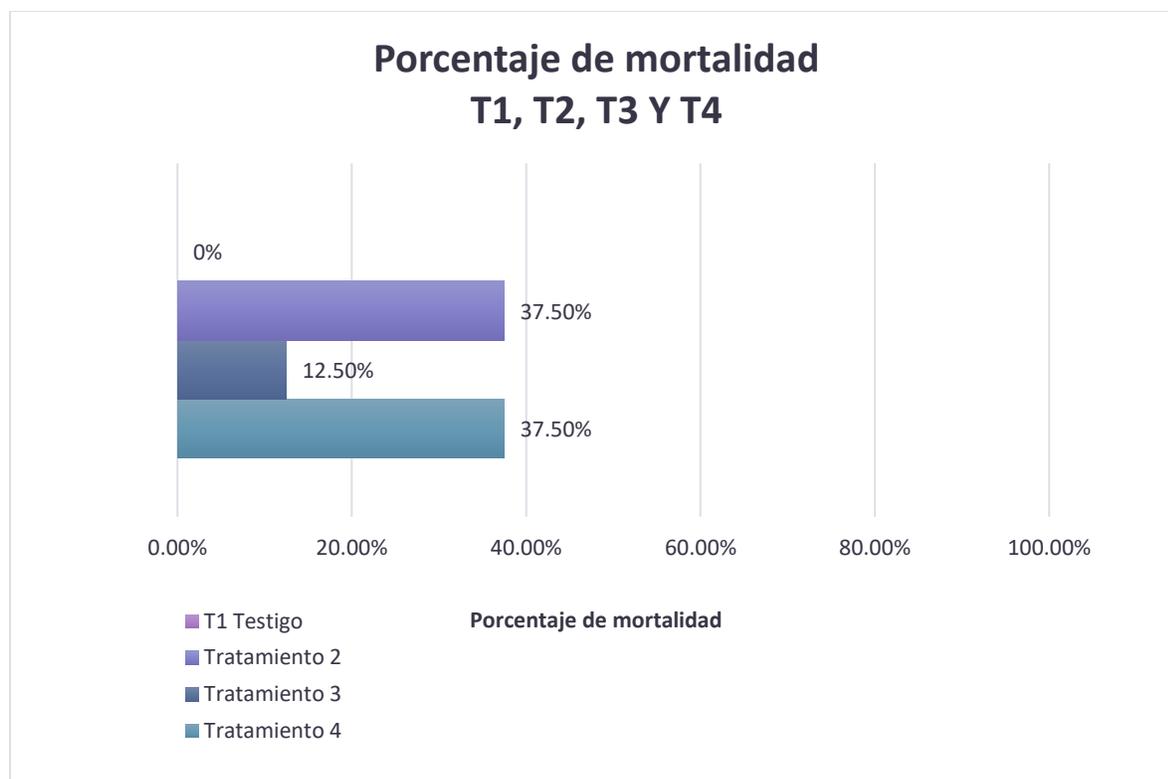
Tratamiento	N° de individuos muertos por tratamiento	Mortalidad
Tratamiento 1 Testigo	0	0 %
Tratamiento 2 <i>Mirothecium verrucaria</i>	3	37.5 %
Tratamiento 3 <i>Beauveria bassiana</i>	1	12.5 %

Tratamiento 4 <i>Paecilomyces lilacinus</i>	3	37.5 %
--	---	--------

En la Gráfica 1 se muestran los resultados de la prueba con productos microbiales vía ingestión, observándose los porcentajes de mortalidad que obtuvieron cada tratamiento.

### **Gráfica 1**

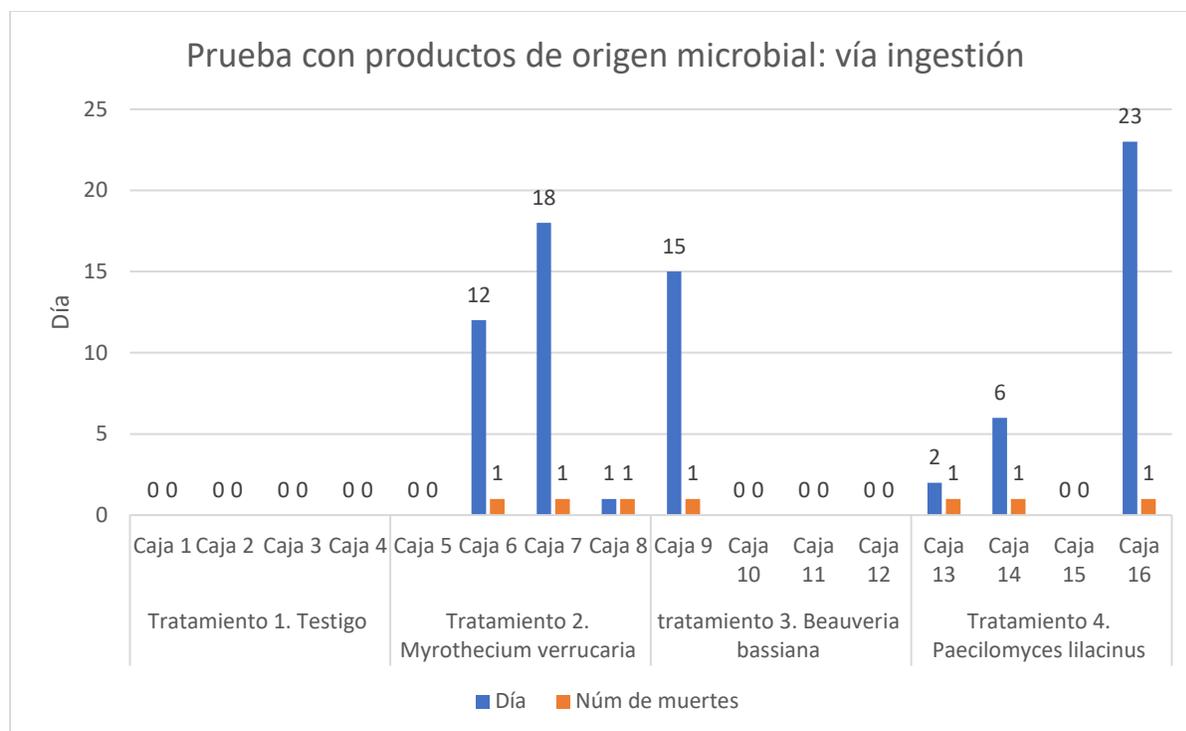
Porcentaje de mortalidad de la prueba microbial vía ingestión en cucarachas *P. americana* L. en estado adulto.



En la Gráfica 2 se muestran los resultados de la prueba con productos de origen microbial vía ingestión donde pueden observarse los tratamientos, el día de muerte del individuo y el número de muertes por caja, se observó una muy baja efectividad de los productos probados debido a las condiciones en que se evaluaron.

### **Gráfica 2.**

Número de muertes de los tratamientos de la prueba con productos de origen microbial vía ingestión en cucarachas *P. americana* L. en estado adulto.



En el cuadro 4 se muestran los resultados de la prueba con productos de origen microbial por impregnación directa la cual también se mantuvo por 26 días, observándose que no hubo muertes en el testigo y que se presentó un 25 % de mortalidad para *Myrothecium verrucaria*, 0 % para *Beauveria bassiana* y 0 % para *Paecilomyces lilacinus*.

#### Cuadro 4.

Resultados de los tratamientos con productos microbiales por impregnación directa observados en *P. americana* L. en estado adulto.

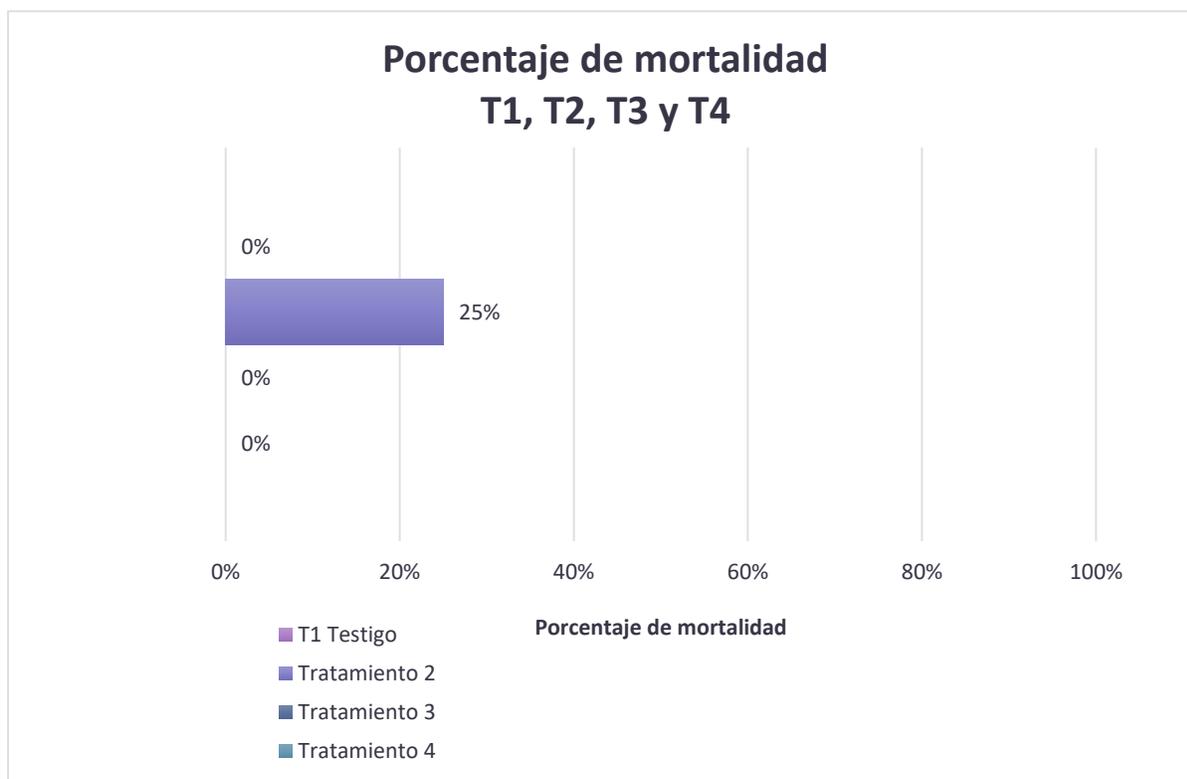
Tratamiento	N° de individuos muertos por tratamiento	Mortalidad
Tratamiento 1 Testigo	0	0 %
Tratamiento 2 <i>Mirothecium verrucaria</i>	2	25 %
Tratamiento 3 <i>Beauveria bassiana</i>	0	0 %

Tratamiento 4 <i>Paecilomyces lilacinus</i>	0	0 %
--	---	-----

En la Gráfica 3 se muestran los resultados de la prueba con productos microbiales por impregnación directa, observándose los porcentajes de mortalidad en la que solo el tratamiento 2 presentó una mortalidad del 25%.

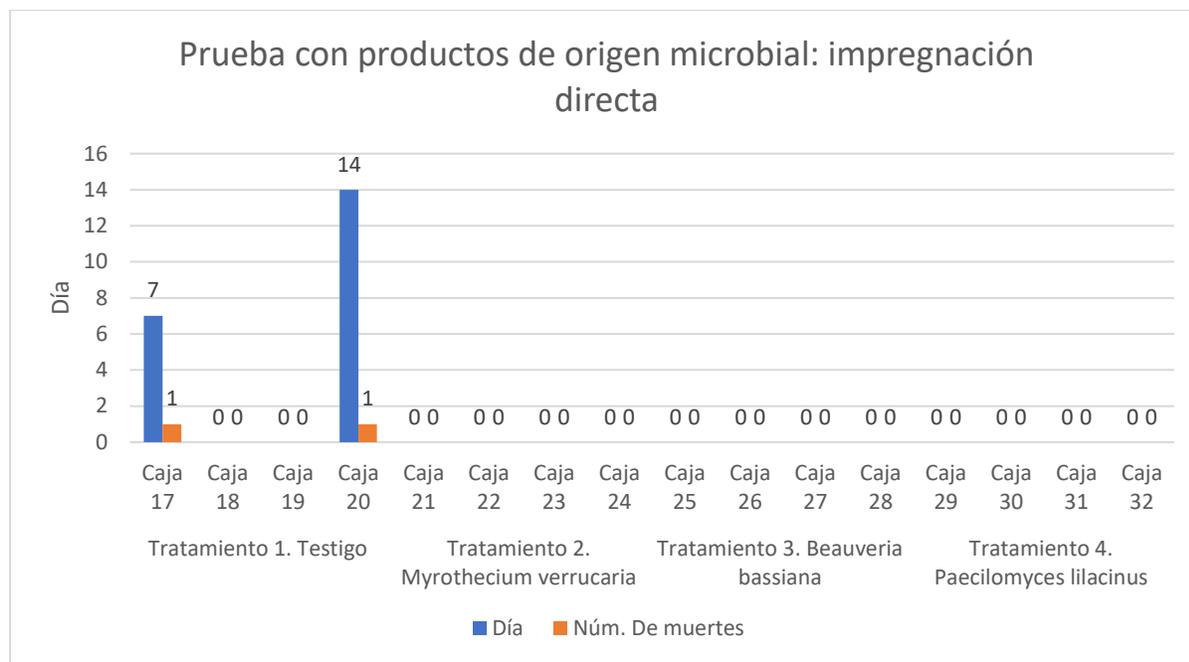
### Gráfica 3

Porcentaje de mortalidad de la prueba microbial por impregnación directa en cucarachas *P. americana* L. en estado adulto.



#### Gráfica 4.

Número de muertes en los tratamientos de la prueba con productos de origen microbioal por impregnación directa en las cucarachas *P. americana* L. estado adulto.



En cuando a las pruebas con productos de origen microbioal, se tuvo más mortalidad en la prueba que fue por vía ingestión, ya que en la prueba por impregnación solo un tratamiento mostró mortalidad. En ambos la mortalidad fue muy baja.

El uso de hongos entomopatógenos para el control de cucarachas es una alternativa ecológica, principalmente para el cuidado del medio ambiente y no afecta a otros organismos. Sin embargo, no parece ser una alternativa adecuada en el caso de las cucarachas.

## V. DISCUSIÓN

El uso de hongos entomopatógenos para el control de cucarachas es una alternativa ecológica, principalmente para el cuidado del medio ambiente y no afecta a otros organismos, por lo que ha despertado gran interés. Los hongos entomopatógenos requieren de una humedad alta para poder infectar a su huésped, mayor o igual al 70% y una temperatura de 27° a 32° C (Tanada y Kaya, 1993). Existe evidencia que las cucarachas son susceptibles a dos especies de hongos que son *Beauveria bassiana* y *Paecilomyces farinosus* (Simmernann, 2008). No se encontraron referencias bibliográficas de pruebas de *Mirothecium verrucaria* y *Paecilomyces lilacinus* en cucarachas y en el caso de *Baeuveria bassiana* si se tienen antecedentes de actividad en *Periplaneta americana* (Damas,2012). Así mismo los adultos de la cucaracha americana son susceptibles a *Metarhizium anisopliae* y *B. bassiana* en condiciones controladas HR alta (75-95%) (Hernández, 2007). Hasta el momento no parecen ser una alternativa al control químico, en condiciones naturales de alta humedad puede presentarse una mortalidad mayor y una dispersión natural en la población. Dada las premisas de este trabajo no es una alternativa al control químico, así como por las condiciones en que se efectuó

## VI. CONCLUSIONES

Los productos de origen microbiano evaluados (*Beauveria bassiana*, *Mirothecium verrucaria* y *Paecilomyces lilacinus*) fueron poco eficientes en las condiciones de laboratorio en que fueron evaluados, el tiempo fue prolongado y los porcentajes de muertes fueron muy bajos y en algunos tratamientos nulos.

Bajo estas condiciones no son una alternativa al control químico de la cucaracha *Periplaneta americana*.

### RECOMENDACIONES

- Se recomienda que establezca una cría de cucarachas para trabajar con ejemplares de la misma edad y calidad de vida.
- Se recomienda que se haga un replanteamiento de la investigación donde se utilicen productos que se tenga conocimiento que actúen sobre esta especie.
- Se recomienda que se haga un número mayor de repeticiones.
- Se recomienda que la prueba dure 5 días, o 7 como máximo.
- No se recomienda que se les proporcione alimento y agua.
- Se recomienda probar más dosis de los productos.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

- Alonso, E.J. 2009. Control de plagas urbanas. Departamento de Parasitología. UAAAN- UL. Torreón, Coahuila.
- Appel, A.G. and Smith, L.M. 2002. Biology and management of the smokybrown cockroach. *Annu. Rev. Entomol.*, 47, 33-55.
- Arango G, G. P. y Augudelo B, L. M. 2004. Valor biológico de las cucarachas en el compost. *Revista Lasallista de Investigación*. Vol. 1. Corporación Universitaria Lasallista. Antioquía, Colombia. Consultado el 31/07/2023. Obtenido del sitio web: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=69511015>
- Arce, B. A. y Enciso, Q. S. 2009. Efecto del fruto de la planta viguere (*Solanum Mammosum*) sobre la cucararacha peridomestica (*Periplaneta Americana*). Bogota: Universidad de la Salle. Retrieved from La.salle.edu.co. consultado el 27/12/2022.
- Arnaldos, M. I., García, M. D. y Presa, J. J. 2010. Entomología Urbana. Máster en ciencias forenses. Universidad de Murcia. Obtenido el 30 de julio de 2023.
- Badii, M. H. y Abreu, J. L. 2006. Control biológico una forma sustentable de control de plagas. *Daena: International Journal of Good Conscience*, 82-89. Retrieved 11 2015, from <http://datateca.unad.edu.co:> [http://datateca.unad.edu.co/contenidos/356017/Lecturas\\_complementarias/ACT\\_8\\_contro\\_l\\_biologico.pdf](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/356017/Lecturas_complementarias/ACT_8_contro_l_biologico.pdf)
- Bárbara, K.A. 2000. American Cockroach, *Periplaneta americana* (Linnaeus) (Insecta: Blattodea: Blattidae). [http://entnemdept.Ufl.edu/creatures/urban/roaches/america\\_cockroach.htm](http://entnemdept.Ufl.edu/creatures/urban/roaches/america_cockroach.htm)

- BBC NEWS MUNDO 2019. Por qué las cucarachas se están volviendo resistentes a los insecticidas (y por qué debería preocuparnos. Obtenido el 15 de diciembre de 2022 de: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-48915908>
- Bell, W. J. and Adiyodi, K. G. 1981. Reproduction. In: *The American Cockroach*. Eds Bell, W. J. y K. G. Adiyodi. Chapman y Hall, London. pp. 343-370.
- Bell W.J., Roth L. M. and Nalepa C. A. 2008. Cockroaches: ecology, behavior and natural history. *Integrative and Comparative Biology*. Johns Hopkins University. Volume 8 Issue 4. <https://doi.org/10.1093/icb/icn074>
- Bernal B, Fernández. E. y Vázquez. L. 2002. Manejo de plagas en la agricultura orgánica (en línea). La Habana, Cuba. Consultado el 20 sep. 2022. Disponible en: <http://www.aguascalientes.gob.mx/agro/produce/AGRIURBA.htm>.
- Bhaskar, M. E., Moorthy, S., Ganeshwala, G. and Abraham, G. 2010. Cardiac Conduction Disturbance Due To Prallethrin (Pyrethroid) Poisoning. *Journal of Medical Toxicology*. <https://doi.org/10.1007/s13181-010-0032-7>
- Charnley, A. 1984. Invertebrate-microbial interactions. Anderson, J. Rayner, A. and Walton, D. (Eds.). Cambridge University Press. PP 229-270.
- Clemens, L. 2019. Imidas Química Medicinal, Agrícola, Aplicaciones Sintéticas y Productos Naturales. *Desarrollos en Química Orgánica*. Pp: 335 – 352. EL SEVIER. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780128156759000084>
- Cochran, D. G. 1999. Cockroaches: their biology, distribution and control. World Health Organization. Communicable Diseases Prevention and Control. WHO Pesticide Evaluation Scheme (WHOPES). [https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/65846/WHO\\_CDS\\_CPC\\_WHOPES\\_99.3.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/65846/WHO_CDS_CPC_WHOPES_99.3.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

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

Damas B, G. 2012. Aislamiento y efectividad de *Beauveria bassiana* Villemin para el control biológico de la cucaracha urbana *Periplaneta americana* L. Tesis Doctorado. Universidad Autónoma de Nuevo León Facultad de Ciencias Biológicas. Consultado el 22/09/2022. Obtenido del sitio web: <http://eprints.uanl.mx/2707/1/1080227494.pdf>

Díaz, C., Enríquez, D., y Bisset, J. A. 2003. Estado de la resistencia a insecticidas en cepas de terreno de la especie *Blattella germanica* (Dictyoptera: Blattellidae) procedentes del municipio Pinar del Río. *Revista Cubana de Medicina Tropical*, 55(3), 196-202. Recuperado en 04 de diciembre de 2022, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0375-07602003000300011&lng=es&tylng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0375-07602003000300011&lng=es&tylng=es).

Ecolab 2022. Los peligros que causan las cucarachas a la seguridad alimentaria. Recuperado el 15 de diciembre de 2022, de <https://es-mx.ecolab.com/pages/the-dangers-cockroaches-bring-to-food-safety>

Elizondo, D. J. 2014. Sobre cucarachas y su importancia en la salud pública. Artículo de Educación continua. Revista del Colegio de Microbiólogos y Químicos Clínicos de Costa Rica. Vol. 20, N°2. ISSN:2215-3713. 8-13 pp

Encyclopedia. 2023. *Myrothecium verrucaria*. Academic Accelerator. <https://academic-accelerator.com/encyclopedia/myrothecium-verrucaria>

Fargues, J. and Luz, C, 1998. Effects of fluctuating moisture and temperature regimes on sporulation of *Beauveria bassiana* on cadavers of *Rhodnius prolixus*. *Biocontrol Sci. Technol.* 8: 323–334

- Grandcolas, P. 1999. El origen de la diversidad en las cucarachas: perspectiva filogenética de su gregarismo, reproducción, comunicación y ecología. Evolución y Filogenia de Arthropoda. Bol. S.E.A., n°26. Laboratoire d'Entomologie. Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, France. [http://sea-entomologia.org/PDF/BOLETIN\\_26/B26-028-397.pdf](http://sea-entomologia.org/PDF/BOLETIN_26/B26-028-397.pdf)
- Guerrero G, L. Y. y Cadena F, L. A. 2016. Evaluación de control biológico de *Periplaneta americana* (Blattidae, Linnaeus) por ingestión del hongo *Metarhizium anisopliae* (Clavicipitaceae, Metchnikoff) y ácido bórico. Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas. Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Tecnología de Saneamiento Ambiental Bogotá D.C.
- Gutiérrez A, C. 2015. Estudio y evaluación de los patógenos de cucarachas (Insecta: Blattodea) urbanas en la provincia de Buenos Aires, como potenciales agentes de control. Tesis de doctorado. Facultad de Ciencias Naturales y Museo. Universidad Nacional de la Plata. Consultado el 25/12/2022. Obtenido del sitio web: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/49958>
- Hashemi A, S. S. and Oshaghi, M. A. 2015. A Checklist of Iranian Cockroaches (Blattodea) with Description of *Polyphaga* sp as a New Species in Iran. J. Arthropod Borne Dis 161–175. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4662788/>
- Hoog, G. S. 1972. The genera *Beauveria*, *Isaria*, *Tritirachium* and *Acrodontium* gen. Stud. Mycol. 1: 1-41
- James, R. R., Croft, B. A., Shaffer, B. T. and Lighthart, B. 1998. Impact of temperature and humidity on host-pathogen interactions between *Beauveria bassiana* and a Coccinellid. Environ. Entomol. 27 (6): 1506-1513.
- Jaramillo, G. I., Córdoba H., Armbrach, I. y Suárez, M. 1996. Biología de las cucarachas: agentes sensibilizantes. Universidad del Valle. Call, Colombia. Revista de la

- asociación Colombiana de alergia, asma e inmunología. Consultado el 13/11/2022. Obtenido del sitio web: [http://www.encolombia.com/articulos\\_alergia8-1.htm](http://www.encolombia.com/articulos_alergia8-1.htm).
- Jaramillo G. I., Córdoba H., Ambrech I. y Suárez M. 1999. Biología de las cucarachas: Agentes sensibilizantes. Revista de Inmunoalergia Asociación Colombiana de Alergia Asma e Inmunología. Vol. 8 N°1. <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-346767?lang=es>
- Jeffs, L. B., I. J. Xavier, R. E. Matai and G. G. Khachatourians. 1997. Relationships between fungal spore morphologies and surface properties for entomopathogenic members of the genera *Beauveria*, *Metarhizium*, *Paecilomyces*, *Tolypocladium*, and *Verticillium*. J. Can. Microbiol. 45: 936-948.
- Kathryn, A. B., 2008 American Cockroac. Obtenido del sitio web: [http://entnemdept.ufl.edu/creatures/urban/roaches/american\\_cockroach.htm](http://entnemdept.ufl.edu/creatures/urban/roaches/american_cockroach.htm).
- Latiflan, M., Rad, B., Amani, M. and Rahkhodaei, E. 2013. Mass production of entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* (Balsamo) by using agricultural products based on liquid-solid diphasic method for date palm pest control. International Journal of Agricultura and Crop Sciences. [https://www.researchgate.net/profile/Masoud-Latifian/publication/307638421\\_Mass\\_production\\_of\\_entomopathogenic\\_fungi\\_Beauveria\\_bassiana\\_Balsamo\\_by\\_using\\_agricultural\\_products\\_based\\_on\\_liquid-solid\\_diphasic\\_method\\_for\\_date\\_palm\\_pest\\_control/links/57ce53f708ae83b37460ec1e/Mass-production-of-entomopathogenic-fungi-Beauveria-bassiana-Balsamo-by-using-agricultural-products-based-on-liquid-solid-diphasic-method-for-date-palm-pest-control.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Masoud-Latifian/publication/307638421_Mass_production_of_entomopathogenic_fungi_Beauveria_bassiana_Balsamo_by_using_agricultural_products_based_on_liquid-solid_diphasic_method_for_date_palm_pest_control/links/57ce53f708ae83b37460ec1e/Mass-production-of-entomopathogenic-fungi-Beauveria-bassiana-Balsamo-by-using-agricultural-products-based-on-liquid-solid-diphasic-method-for-date-palm-pest-control.pdf)
- Lee, C. 1997. Medical importance of domiciliary cockroaches. Singapore Microbiol. 11: 14 - 17.
- Leyva S, M. I., Marquetti F, M. C., Montada D, D., Scull, R., Diaz, Y. M., Chico, M. R., y Pino, P. O. 2022. Actividad insecticida de aceites esenciales sobre *Blattella germanica*

- (Linnaeus, 1767) (Dictyoptera: Blattellidae). *Revista Cubana de Medicina Tropical*, 74(2), e765. Epub 01 de noviembre de 2022. Recuperado en 04 de agosto de 2023, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0375-07602022000200013&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0375-07602022000200013&lng=es&tlng=es)
- Lima, J. 2023. Que es la tierra de diatomácea, usos, beneficios y aplicaciones. El Horticultor. <https://elhorticultor.org/tierra-de-diatomeas-usos-beneficios-y-aplicaciones/>
- Lin, L., Wen, J., Li, S., and Liu, F. (2022). *Life-History Traits from Embryonic Development to Reproduction in the American Cockroach*. 13(6), 551–551. <https://doi.org/10.3390/insects13060551>
- Lira G, C. F. 2020. Cucaracha alemana: características, reproducción, alimentación. Lifeder. Obtenido del sitio web: <https://www.lifeder.com/cucaracha-alemana/> (a)
- Lira G, C. F. 2020. Cucaracha americana: características, reproducción, alimentación. Lifeder. <https://www.lifeder.com/cucaracha-americana/> (b)
- Lu, Q., Sun, Y., Ares, I., Anadón, A., Martínez, M., Martínez L, M. R., Yuan, Z., Wang, X. and Aránzazu M, M. 2018. Deltamethrin toxicity: A review of oxidative stress and metabolism. *Environmental Research*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0013935118306819?via%3Dihub>
- Manahan, S. E. 2007. Introducción a la química ambiental. Universidad Nacional Autónoma de México. Reverté Ediciones S. A. de C. V. <https://blog.utp.edu.co/lilianabueno/files/2015/08/Introduccion-a-la-Quimica-Ambiental-S.-E.-Manahan2.pdf>
- Mapcarta. 2023. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Unidad Laguna. Torreón, Coahuila. <https://mapcarta.com/es/W258637512>

- Martínez, N. 2010. Manejo integrado de plagas: Una solución a la contaminación ambiental. *Comunidad y Salud*, 8(1), 073-082. Recuperado en 07 de agosto de 2023, de [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1690-32932010000100010&lng=es&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1690-32932010000100010&lng=es&tlng=es).
- Mendoça, A. F. 1992. Mass production, application and formulation of *Metarhizium anisopliae* for control of sugarcane froghopper, *Mahanarva posticata*, in Brazil. En: C. J. Lomer and C. Prior (Eds.). Biological control of locusts and grasshoppers, proceedings of the International Institute of Tropical Agriculture, Republic of Benin, China. 29: 239-244.
- Mendoza G, M. L., Rosas, A. A., Velasco M, A. A., Cuevas M, H. A., Albarrán, G. A., Moya A, M. G., Vallejos P, C. M., y Velázquez, S. G. 2020. Prevalencia de sensibilización a cucaracha. Experiencia de un servicio de alergia. Colegio Mexicano de Inmunología Clínica y Alergia, A. C. Revista Alergia México.
- Monzón, A. Herrera, I. y Méndez, E. 2009. Uso y manejo bioplaguicidas a base de *Paecilomyces lilacinus* para el control de nemátodos fitoparásitos. Universidad Nacional Agraria. Facultad de agronomía. Departamento de Portección Agrícola y Forestal. <https://www.funica.org.ni/wp-content/uploads/2022/07/Guia-Uso-y-manejo-de-Paecilomyces-lilacinus-para-el-control-de-nematodos-pdf.pdf>
- Monzon, A. 2001. Producción, uso y control de calidad de hongos entomopatógenos en Nicaragua. Manejo integrado de plagas. Costa Rica. 63: 95-103.
- Mullins, P. L., Kawada, R., Balhoff, J. P. and Deans, A. R. 2012. A revision of *Evaniscus* (Hymenoptera, Evaniidae) using ontology-based semantic phenotype annotation. Zookeys. Doi: 10.3897/zookeys.223.3572. Erratum in: Zookeys. 2013;278:105. PMID: 23166458; PMCID: PMC3459025.

National Center for Biotechnology Information (NCBI). 2023. PubChem Compound Summary for CID 38283, Cyphenothrin. Retrieved August 7, 2023 from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Cyphenothrin>.

Neethling, D. 2002. Fourth International Congress of Nematology Programme and Abstracts. The commercialisation of *Paecilomyces lilacinus* as an agent for the control of plant-parasitic nematodes (en línea). Consultado el 25 de oct. 2022. Disponible en: <http://www.ifns.org/cd2002/VISKAS/086.PDF>

Ogg, B., Ogg, C., Ferraro, D., y Jefferson, D. 2007. Manual para el control de cucarachas. University of Nebraska - Lincoln Extension. Segunda edición. <https://lancaster.unl.edu/pest/roach/spanishcockroachmanual.pdf>

Pai, H. H., Chen, W. C. and Peng, C. F. 2004. Cockroaches as potential vectors of nosocomial infections. *Infection Control and Hospital Epidemiol.* 25(11): 979-984.

Pascual, F. T. 2015. Orden Blattodea. Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias. Universidad de Granada, Granada España. *Revista IDE @- SEA* n° 48

Penn Dstate Extension 2002 Cucarachas Alemanas. Consultado el 9 de septiembre de 2022. Obtenido del sitio web: <https://extension.psu.edu/cucarachas-alemanas>

Penn State Extension, 2016 Cucarachas Americanas. Consultado el 9 de septiembre de 2022. Obtenido del sitio web: <https://extension.psu.edu/cucarachas-americanas>

Peterson, R. K. and Shurdut, B. 1999. Human health risks from cockroaches and cockroach management: a risk analysis approach. *American Entomologist.* Volume 45. <https://www.semanticscholar.org/paper/HUMAN-HEALTH-RISKS-FROM-COCKROACHES-AND-COCKROACH-%3A-Peterson-Shurdut/cfd3a9c72c118fe205abf8d65e3e5fd68d8dabab>

Ponce, G., Cantú, P. C., Flores, A., Badii, M., Barragán, A., Zapata, R. y Fernández, I. 2000. Cucarachas: biología e importancia en salud pública. Facultad de Ciencias Biológicas

- (Universidad Autónoma de Nuevo León) \*Facultad de Salud Pública y Nutrición (Universidad Autónoma de Nuevo León). Consultado el 24/08/2022. Obtenido del sitio web: <file:///C:/Users/jdyoo/Downloads/esramos,+CUCARACHAS.pdf>
- Ponce, G. C. 2005 Biología e importancia en salud pública. Respyn, revista de salud pública y nutrición.
- Ramírez P, Jaime. 1989. La cucaracha como vector de agentes patógenos. Bol. Of Sanit Panam. Instituto de Biomedicina. Consultado el 24/08/2022. Obtenido del sitio web: <https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/17712/v107n1p41.pdf>
- Ray, D. 2010. Insecticidas organoclorados y piretroides Toxicología integral (segunda edición) Volumen 13, 2010, páginas 445-457. EL SEVIER. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780080468846013270>
- Rodríguez, A. and Sáenz, C. 1999. Uso biológico del *Metarhizium anisopliae* (Metch.) Sorok. Como estrategia para el control del salivazo (Hom: Cercopidae) en la caña de azúcar. Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar.
- Salehzadeh, A., Tavacol, P. and Mahjub, H. 2007. Bacterial, fungal and parasitic contamination of cockroaches in public hospitals of Hamadan, Iran. J.Vector Borne Dis. 44:105–10. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17722863/>
- Samson, R. H. 1988 Atlas of entomopathogenic fungi. New York: Springer Science y Business Media
- Smith, H.E. and Whitman C. R. 1992. Cockroaches. NPCA Field Guide to Structural Pest. National pest control association inc. Guardians of your environment.
- Smith, R. J., Pekrul, S. and Gula, E. A. 1981. Requirement for sequential enzymatic activities for penetration of the integument of the corn earworm (*Heliothis zea*). J. Invertebr. Pathol. 38(3): 335-344
- Stephenson, G. A. and Solomon, K. R. 1993. Pesticides and the Environment. Department of Environmental Biology, University of Guelph. Ontario, (Canada)

- Tanada, Y. and Kaya, H. 1993. Insect pathology. Academic Press. San Diego, CA. (USA). pp 666
- Toala A, M. J. 2016. Identificación de Cucarachas en el área urbana de San Pedro de las Colonias, Coahuila. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Coahuila, México.
- Triplehom, A. C. and Johnson, F. N. 2005. Borror and Delong's Introduction to the Study of Insects. 7th edition, Thomson brooks/cole. United States of America. Pp. 263-267.
- Valverde C, B. (2016). Cucarachas. Asesores en Control de Plagas. ACOP. Control Profesional de Plagas y Termitas. Obtenido el 4 de enero de 2023 de: <https://docplayer.es/11963652-En-mexico-solo-se-encuentran-3-tipos-mas-comunes-de-cucarachas-que-representen-un-problema.html>
- Wasti, S. S. and G. C. Hartmann. 1975. Experimental parasitization of larvae of the gypsy moth, *Porthetria dispar* (L.), with the entomogenous fungus, *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuill. Parasitol. 70: 341-346.