

**BIONOMÍA DE LA MOSCA SOLDADO NEGRA (*HERMETIA ILLUCENS* (L.) E INSECTOS  
SINANTRÓPICOS EN GRANJAS DE GALLINAS PONEDORAS EN PUERTO RICO**

Por

José J. Orengo Green

Tesis sometida como cumplimiento parcial de grado en

MAESTRO EN CIENCIAS

en

PROTECCIÓN DE CULTIVOS  
UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO  
RECINTO UNIVERSITARIO DE MAYAGÜEZ  
2018

Aprobado por:

\_\_\_\_\_  
Carlos Rosario Pérez, PhD.  
Miembro, Comité Graduado

\_\_\_\_\_  
Fecha

\_\_\_\_\_  
Mireille Argüelles Ramos, PhD  
Miembro, Comité Graduado

\_\_\_\_\_  
Fecha

\_\_\_\_\_  
Alejandro E. Segarra Carmona, PhD  
Presidente, Comité Graduado

\_\_\_\_\_  
Fecha

\_\_\_\_\_  
Roberto Vargas, PhD  
Director del Departamento

\_\_\_\_\_  
Fecha

\_\_\_\_\_  
Carlos J. Santos Flores, PhD  
Representante de Estudios Graduados

\_\_\_\_\_  
Fecha

## RESUMEN

La producción avícola es un sector de gran importancia a nivel mundial, siendo considerado el segundo de mayor importancia agrícola en Puerto Rico con un ingreso bruto de \$13.7 millones durante el 2011. Las complejas políticas ambientales que rodean el manejo del excremento y los altos costos en las proteínas utilizadas en las dietas, han hecho que se busquen diferentes maneras para disminuir esos costos. Durante la última década, los científicos han atraído su atención a la utilización de insectos, siendo la mosca soldado negra (MSN) uno de los más utilizados. La mosca soldado negra (BSF, por sus siglas en inglés), *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae), es un descomponedor común de materia orgánica, particularmente clave en estiércol animal, incluido el de las aves de corral. Además de sus efectos beneficiosos en el manejo de estiércol, muchos productores avícolas están utilizando estos insectos como fuentes de proteínas de alto valor para sus parvadas. Un tema importante en la gestión de la mosca soldado negra en producciones comerciales de aves de corral es la capacidad de monitorear y predecir las fluctuaciones de la población a través de cambios estacionales. El objetivo de esta investigación fue estudiar el ecosistema relacionado con la mosca soldado negra e identificar algunos de los factores que influyen su dinámica poblacional.

Durante esta investigación se identificaron los insectos: *Hermetia illucens*, *Musca domestica*, *Drosophila sp*, los parasitoides *Bachymeria incerta*, un Braconido *Alysiinae* y un sírfido.. El insecto con mayor presencia fue la *Hermetia illucens*, mientras que los sírfidos fueron los menos abundantes. Se determinó que la localización de preferencia de *Hermetia*

*illucens* es el interior de los montículos, siendo el nivel inferior interior el que presentó mayores números

## ABSTRACT

The poultry industry is an important economic activity worldwide. Poultry production is the second most important agriculture sector in Puerto Rico, with a gross income of \$13.7 million during 2011. Complex environmental policies surrounding the management of poultry manure, and the high cost of feed ingredients have promoted the search for strategies to overcome these challenges. During the last decades scientist have drawn their attention to the use of insects, being the black soldier fly (BSF) one of the most valuable. The black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae), is a common scavenger of organic matter, and a key decomposer of animal manure. In addition to its beneficial effects in reducing the environmental impacts of manure, many poultry producers are using these insects as a source of high-value protein for their flocks. An important issue in managing BSF in commercial poultry productions is the ability to monitor and predict population fluctuations through seasonal changes. This research aimed to study the ecosystem related to the black soldier fly. The insects identified were: *Hermetia illucens*, *Musca domestica*, *Drosophila sp*, *Bachymeria incerta*, *Alysiinae sp* and syrphid. The insect with greater presence was the *Hermetia illucens*, and the smallest presence being the syrphid. It was concluded that the location of preference for *Hermetia illucens* was the interior of the mounds, being the inner inferior the one with greater number of individuals.

## **Dedicatoria**

A mis padres Juan Carlos y, Vivian, a mis hermanas Arantza y Alexia y a mi tío Luis, por enseñarme que siempre hay que seguir hacia adelante sin importar las dificultades que se encuentren en el camino y que ninguna meta no es inalcanzable. Ustedes son y serán mis inspiraciones para seguir hacia adelante siempre.

A mis amistades, en especial a Edgar Rivera, Brandon Soldevila, Jorge Soldevila, Nicole Rivera, Bryan Rodríguez, Manuel Planell, Carla Flores, Yesenia Vélez, Denise Llinás, Rey Cruz, Pedro Ortiz, Alondra Ramos y María Acevedo, por haberme dado su apoyo, escuchar mis frustraciones y mis llantos en todo momento. Sin ustedes no hubiera podido haber terminado esta tesis, ya que fueron los que siempre me mantuvieron y no permitieron que me desmoronara en pedazos. Gracias.

Al Doctor Fernando Bird-Picó por ser mi segundo padre, confiar en mi desde el primer momento que me conoció, y haberme dado la oportunidad en sus diferentes investigaciones. Esas oportunidades y enseñanzas fueron las que me motivaron para que lograra este grado de estudio.

Agradezco a Dios por haberme dado la oportunidad de lograr este grado académico, por guiarme y darme fortaleza en todo momento. Gracias Señor por haberme bendecido con esta oportunidad.

## **Agradecimientos**

A mi familia que siempre entendieron lo importante que era este grado académico para mi y por brindarme su apoyo en todo momento.

Al Doctor Alejandro Segarra, por haberme dado la oportunidad de realizar la maestría con él, sin importar que sea de otro departamento y no me conociera. También por haberme dado su confianza, sabiduría y lo más importante, por ver algo en mí, que nunca pensé que tenía. Gracias Profesor.

A la Doctora Mireille Argüelles por siempre haberme ayudado en todo momento desde el inicio de esta investigación. Sin la ayuda de usted este proyecto no se hubiera realizado. ¡Le agradezco por la oportunidad, GRACIAS!

Al Doctor Carlos Rosario por siempre haberme extendido su mano para cualquier ayuda que necesitaba, por haberme dado su conocimiento y su amistad. Gracias.

A mis amistades que sin ellos no hubiera podido terminar este grado académico, ya que ellos fueron los que siempre me mantuvieron y evitaron que me rindiera. Todas esas lágrimas que presenciaron, todas esas frustraciones que oyeron y todos esos consejos que me dieron, tuvieron como resultado esta Tesis. Gracias por todo y este es el logro de toda su ayuda.

Al personal del Departamento de Ciencias Agroambientales por siempre estar dispuestos a ayudarme.

A la Estación Experimental Agrícola de Lajas por haberme dado la oportunidad de realizar el experimento allí y por su ayuda incondicional.

## Tabla de contenido

RESUMEN .....	II
ABSTRACT .....	IV
DEDICATORIA.....	V
AGRADECIMIENTOS .....	VI
TABLA DE CONTENIDO .....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	X
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XI
INTRODUCCIÓN .....	1
JUSTIFICACIÓN .....	5
OBJETIVOS .....	6
REVISIÓN DE LA LITERATURA .....	7
STRATIOMYIDAE: LOS SOLDADOS DE LOS DÍPTEROS .....	7
<i>HERMETIA ILLUCENS</i> : MORFOLOGÍA, CICLO DE VIDA Y ENEMIGOS NATURALES.....	8
<i>Morfología</i> .....	8
<i>Ciclo de vida</i> .....	9
<i>Comportamiento sexual</i> .....	11
<i>Efectos de factores bióticos y abióticos en el desarrollo y la longevidad de H. illucens</i> .....	12
<i>Enemigos naturales</i> .....	13
DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE <i>HERMETIA ILLUCENS</i> .....	14
IMPORTANCIA ECONÓMICA Y DE SALUBRIDAD DE <i>HERMETIA ILLUCENS</i> .....	16
<i>Manejo de residuos en granjas de animales</i> .....	16
<i>Miasis y uso en entomología forense</i> .....	16
<i>Actividad antibacterial</i> .....	18
MATERIALES Y METODOS.....	19
LOCALIZACIÓN, ESTRUCTURAS Y FECHAS DEL ESTUDIO .....	19
<i>Identidad y abundancia de adultos de especies de moscas sinantrópicas y enemigos naturales</i> .....	20
<i>Evaluación de tipos de trampa para adultos y fechas de observación</i> .....	21
EFECTO DE LA POSICIÓN Y DE LA HUMEDAD EN LA ESTRUCTURA POBLACIONAL DE LARVAS SINANTRÓPICAS EN	
MONTÍCULOS DE GALLINAZA.....	23
PLAN ESTADÍSTICO.....	25
<i>Trampas</i> .....	25
<i>Población de las larvas en los montículos de gallinaza</i> .....	26
CONTROL DE CALIDAD .....	26
ÉTICA.....	27
RESULTADOS.....	28
IDENTIDAD Y ABUNDANCIA DE ADULTOS DE ESPECIES DE MOSCAS SINANTRÓPICAS Y ENEMIGOS NATURALES. ....	28
CAPTURA DE MOSCAS SINANTRÓPICAS Y DE ENEMIGOS NATURALES MEDIANTE EL USO DE TRAMPAS PASIVAS, Y	
DETERMINACIÓN DE LOS EFECTOS DE DIVERSIDAD Y SU EFECTIVIDAD RELATIVA .....	30
DETERMINACIÓN LA ESTRUCTURA POBLACIONAL DE LARVAS SINANTRÓPICAS EN MONTÍCULOS DE GALLINAZA .....	33
<i>Especies capturadas</i> .....	33

<i>Estructura poblacional</i> .....	34
<i>Estadio larval de la Hermetia illucens y localización</i> .....	45
<i>Tiempo de emergencia de las pupas de Hermetia illucens</i> .....	45
<i>Humedad relativa de los montículos y localización</i> .....	46
<b>DISCUSION</b> .....	<b>49</b>
INSECTOS CAPTURADOS.....	49
ENEMIGOS NATURALES .....	56
DISTRIBUCIÓN POBLACIONAL DE LARVAS DE <i>H. ILLUCENS</i> Y <i>M. DOMESTICA</i> .....	57
IMPORTANCIA DE <i>H. ILLUCENS</i> EN LA INDUSTRIA AVÍCOLA.....	63
LIMITACIONES .....	65
FORTALEZAS.....	65
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>66</b>
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>68</b>
<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>69</b>
<b>APENDICE I</b> .....	<b>80</b>
VARIABLES DE ESTUDIO .....	80

## Índice de Tablas

Tabla 1. Características identificativas de las hembras y los machos.....	9
Tabla 2. Ciclo de vida de <i>H. illucens</i> L. ....	11
Tabla 3. Números y proporciones de moscas sinantropicas y parasitoides comunes en los muestreos de adultos usando tres métodos de captura.....	29
Tabla 4. <i>M. domestica</i> y <i>H. illucens</i> por localización (semanas 10-34) .....	34
Tabla 5. Efecto de la semana, posición y montículo en las larvas de <i>H. illucens</i> .....	44
Tabla 6. Efecto de la semana, posición y montículo en las larvas de <i>M. domestica</i> .....	45
Tabla 7. Porcentaje medio de humedad por montículo y localización.....	47
Tabla 8. Cantidad media del material húmedo por localización (N=5) .....	48

## Índice de Figuras

Figura 1. <i>H. illucens</i> adulta.....	9
Figura 2. Distribución geográfica de <i>H. illucens</i> .....	
Figura 3. Instalación utilizada (vista frontal): A) Jaula de las gallinas, B) Montículo de gallinaza.	20
Figura 4. Trampa Möericke: A) Pintada, B) No Pintada. ....	22
Figura 5. A) Trampa de Malaise, B) Trampa de Luz Ultra Violeta.....	22
Figura 6. Trampas de caída: A) Trampa de caída con agua y jabón, B) Trampa de caída con refrigerante de automóvil, C) Trampa de caída con agua y formaldehído al 10%.....	23
Figura 7. División del montículo (vista frontal) para la recolección de muestras: A) Superficie, B) Medio, C) Inferior, D) Superior Interior, E) Medio Interior y F) Inferior Interior. ....	24
Figura 8. Cantidad de adultos capturados de <i>H. illucens</i> y <i>M. domestica</i> usando la trampa de Möericke pintada y no pintada. ....	30
Figura 9. Ejemplares de <i>H. illucens</i> capturados usando la trampa de Malaise en cebo y sin cebo. Letras similares no tienen diferencias significativas.....	31
Figura 10. Cantidad de machos y hembras de <i>H. illucens</i> capturados con la trampa de Malaise.....	31
Figura 11. Insectos capturados usando trampa de pega.....	32
Figura 12. Distribución de las larvas de <i>H. illucens</i> y <i>M. domestica</i> en las diferentes localizaciones.....	35
Figura 13. Distribución de cantidad de larvas de <i>M. domestica</i> capturadas. ....	37
Figura 14. Distribución de cantidad de larvas de <i>H. illucens</i> capturadas.....	38
Figura 15. Relación de <i>H. illucens</i> y <i>M. domestica</i> en el interior inferior del montículo de gallinaza.....	39
Figura 16. Relación de <i>H. illucens</i> y <i>M. domestica</i> en el interior medio del montículo de gallinaza.....	39
Figura 17. Relación de <i>H. illucens</i> y <i>M. domestica</i> en el interior superior del montículo de gallinaza.....	40
Figura 18. Relación de <i>H. illucens</i> y <i>M. domestica</i> en el inferior del montículo de gallinaza.....	40
Figura 19. Relación de <i>H. illucens</i> y <i>M. domestica</i> en el medio del montículo de gallinaza. ....	41
Figura 20. Relación de <i>H. illucens</i> y <i>M. domestica</i> en la superficie del montículo de gallinaza....	41
Figura 21. Relación de las larvas de <i>H. illucens</i> durante las semanas 10 a la 34 en las localidades del interior y superficie de los montículos. ....	42
Figura 22. Relación de las larvas de <i>M. domestica</i> durante las semanas 10 a la 34 en las localidades de interior y superficie de los montículos. ....	43
Figura 23. Comparación de las larvas de <i>M. domestica</i> y <i>H. illucens</i> durante las semanas 10 a la 34 en la localidad del interior del montículo.....	43
Figura 24. Comparación de las larvas de <i>M. domestica</i> y <i>H. illucens</i> durante las semanas 10 a la 34 en la localidad de la superficie del montículo. ....	44
Figura 25. Distribución de los instars larvales de <i>H. illucens</i> en las diferentes localizaciones del montículo. ....	45
Figura 26. Días de emergencia de pupas a adulto de <i>H. illucens</i> .....	46
Figura 27. Humedad relativa por localización.....	47
Figura 28. Vista lateral de la <i>Drosophila</i> sp. sin describir.....	50

Figura 29. Vista de la cabeza de la *Drosophila* sp. sin describir.....51

## INTRODUCCIÓN

Mundialmente las aves de corral representan el segundo sector más grande en la producción animal, con un estimado de 586 billones de aves y 1.8 trillones de huevos puestos anualmente (FAOSTAT, 2017). En los Estados Unidos la producción total de huevos en el 2016 fue de 102 billones de huevos, con un valor aproximado de \$6.5 billones (NASS, 2017). En Puerto Rico, las aves de corral también representan el segundo sector más grande en la producción animal, luego del ganado, con un total de 207 granjas (i.e., 124 de ponedoras y 83 de pollos parrilleros), con una producción total de 147 millones de huevos y con un valor de mercado de \$13.7 millones para el 2011 (NASS, 2012 y 2017).

Dos preocupaciones claves han sido identificadas en la producción de aves de corral: (1) el elevado costo del alimento preparado, y (2) el potencial impacto negativo al medio ambiente de la producción y disposición de desechos orgánicos, tales como los desechos de excreción (e.g., gallinaza) (Arogo, 2010).

Según expuestos, en la producción animal y de aves de corral, el alimento suele ser el mayor gasto, representando entre 60-80% del total de los costos de producción (Chisoro, 2015). Un componente crítico de calidad en el alimento es el obtener un contenido adecuado de proteínas, dada a su importancia como mayor constituyente en la carne y huevos. Las proteínas disponibles en la producción pecuaria provienen de una combinación de diferentes

fuentes, tales como: fuentes animales (i.e., peces, carnes, harinas de pollo), y fuentes vegetales (i.e., maíz, soya, trigo y semillas de canola) (Jacob, 2005; Newton et al., 2005; Tahir and Pesti, 2012; Chiba, 2014). La obtención de estas proteínas presenta varios problemas, entre estos: la disponibilidad de suplemento proteicos, la gran cantidad y calidad adecuada para completar la necesidad del animal, la calidad del proceso de manufacturación y su alto costo (Cuca y Ávila, 1978).

Similarmente preocupante son los posibles impactos ambientales y económicos asociados a la disposición de gallinaza y otros desechos orgánicos de la producción. De acuerdo con Dunkley et al. (2011), en los Estados Unidos se producen 10.2 millones de toneladas métricas de gallinaza anualmente. No existen estimados recientes sobre la producción de gallinaza en Puerto Rico, pero Muñoz et al. (1990) estimó dicha producción en 71,500 Tm al año, provenientes de 8.2 millones de aves. La última cifra disponible del Censo de Agricultura para el 2012 (NASS, 2014) estimó el número de aves de corral en Puerto Rico en 10.9 millones. Usando el método descrito por Chastain et al. (1999) se puede estimar preliminarmente una producción de gallinaza de 195,951 Tm/año para esa cantidad de animales. Esta cifra puede ser indicativa de la magnitud de la situación.

Disponer de esa gran cantidad de gallinaza de una manera segura y responsable es uno de los grandes retos para el productor. Generalmente, se requiere transportar y disponer del excremento en un vertedero aprobado según la regla 1110 de la Junta de Calidad Ambiental de Puerto Rico (2008), o de lo contrario transformarlo en composta y usarlo como abono. Según

Ni y Herber (2013) el costo de secado, remoción, transporte y disposición de la gallinaza es de \$26/TM en Indiana. Aplicando esta proporción a Puerto Rico, el costo de remoción de la gallinaza pudiese llegar, potencialmente, a los \$5 millones de dólares por año. Este estimado supone requisitos ambientales parecidos en ambas jurisdicciones. De acuerdo a la regulación existente, los dueños de las granjas avícolas en Puerto Rico tienen que pagar por la remoción de esta (Muñoz et al., 1990). La Junta de Calidad Ambiental de Puerto Rico permite enterrar la gallinaza para su eliminación durante un tiempo dado de aproximadamente 3 meses (Muñoz et al., 1990).

Finalmente, existen serios retos ambientales asociados con la producción de gallinaza en términos de la contaminación de los ríos y de las aguas subterráneas (Muñoz et al., 1990., O'Hallorans et al., 1993., Muñoz et al., 2004). Comúnmente estos desechos contribuyen a la eutrofización de lagos y de otras fuentes de agua dulce, resultando en serios efectos para los ecosistemas acuáticos y para la salud humana (Muñoz et al., 1993; Arogo y Collins, 2009). Además, la gallinaza tiene un alto nivel de nitrógeno de entre 42 a 64% (Preusch et al., 2002), siendo este comúnmente liberado en la forma de amoníaco, nitrato, y de óxido nitroso (Arogo y Collins, 2009). El amoníaco en altas concentraciones puede crear irritaciones y un olor desagradable, esto tiene como consecuencia un potencial efecto negativo en a la salud de los trabajadores de granja, a las comunidades aledañas, y en los animales que se encuentran en las cercanías de la gallinaza (Triebig, 2002., Smeets et al., 2007).

Los altos costos de la proteína en el alimento para aves, junto a los altos costos asociados con la disposición de gallinaza, y la existencia de potenciales efectos ambientales

asociados con su disposición, hacen imperativa la búsqueda de alternativas sustentables para resolver estos importantes dilemas.

Recientemente, ha surgido como una alternativa viable: el uso de MSN (*Hermetia illuscens* L.), una descomponedora generalista, (Diptera: Stratiomyidae) como una potencial solución a algunos de estos serios problemas (Newton et al., 2005). Uno de beneficios que tiene la utilización de este insecto es que es un competidor con la mosca casera (*Musca domestica*), por tal motivo la introducción de esta en las instalaciones de cría de pollos produce una disminución de entre un 94%-100% *Musca domestica* (Sheppard, 1983). La MSN no es considerada una plaga para los humanos debido a que no es atraída por áreas habitadas ni a los alimentos (Furman et al., 1959). Esta mosca es una eficiente descomponedora de material orgánico como la gallinaza, y su uso y consumo como fuente de alimento para animales resulta ser una excelente fuente de proteína cruda (Maurer et al., 2015).

## JUSTIFICACIÓN

Desafortunadamente, poco se sabe de la biología, ecología y enemigos naturales de la MSN, especialmente en áreas tropicales como Puerto Rico. Entre las principales lagunas de información se encuentran:

- 1- La falta de métodos eficientes de recolección y muestreo de *Hermetia illucens* en el campo. Estos son de suma importancia para estimar sus poblaciones y ciclos anuales de abundancia.
  - 2- Desconocimiento de los patrones de comportamiento de las etapas larvales de la MSN en la utilización de fuentes de alimentos, particularmente en el estiércol de aves de corral.
  - 3- Desconocimiento de los factores bióticos o abióticos que afectan la distribución y abundancia de la MSN en el estiércol de aves de corral.
  - 4- La identificación de especies de moscas sinantrópicas y enemigos naturales asociadas a la MSN. utilización de recursos orgánicos por las etapa larvales y como factores bióticos o abióticos afectan su distribución y abundancia.;
- 3- La identificación, presencia e importancia de otras moscas sinantrópicas (i.e., asociadas a los seres humanos), y de los enemigos naturales de *H. illucens* y su potencial efecto sobre sus poblaciones. Un mayor conocimiento de los aspectos de la biología de la MSN podría redundar en una mejor utilización de la MSN en la producción de aves de corral en Puerto Rico.

## OBJETIVOS

Los objetivos de esta investigación fueron:

- 1- Determinar especies de moscas y de enemigos naturales asociadas a una granja de gallinas ponedoras en el Suroeste de Puerto Rico.
- 2- Determinar la efectividad de varios métodos de captura en la estimación de densidades poblacionales de MSN, especies de moscas sinantrópicas y de enemigos naturales.
- 3- Estudiar cómo se comportan las larvas de las MSN respecto a su hábitat dentro de los montículos de estiércol de aves utilizando corrales de gallinas ponedoras. Esto incluye determinar su distribución vertical dentro de la columna de estiércol y la influencia de la humedad en sus distribución.

## REVISIÓN DE LA LITERATURA

Mucho se sabe sobre la mosca soldado negra en climas templados. A continuación se presenta una breve sinopsis del conocimiento relevante sobre la mosca soldado negra, *H. illucens*.

### **Stratiomyidae: Los soldados de los Dípteros**

La familia Stratiomyidae, comúnmente conocida como moscas soldado, son la familia de moscas con mayor diversidad conteniendo 2600 especies descritas (Woodley, 2001). De esa cantidad, 260 especies se encuentran en Norte América (Triplehorn y Johnson, 2005). La mayoría de las especies de esta familia se encuentran en la región tropical, pero en estos momentos se encuentran en todo el mundo debido al comercio internacional (Woodley, 2009). Wolcott (1948) reporta 16 especies de moscas soldado en Puerto Rico.

Los estratiomyidos son mayormente de un tamaño grande, alcanzando una medida de hasta 18 mm y es común encontrarlas en flores (Triplehorn y Johnson, 2005). Muchas especies de esta familia tienen una coloración brillante o metálica, y asemejan avispa en su tamaño y comportamiento, que según algunos autores, funciona como un mecanismo de defensa (e.g., Triplehorn y Johnson, 2005; Brown et al., 2009). La etapa inmadura de los Stratiomyidae se encuentra en diferentes lugares tales como en frutas en descomposición, en la hojarasca hasta incluso en el agua (Triplehorn y Johnson, 2005; Brown et al., 2009; Woodley, 2009).

## ***Hermetia illucens*: morfología, ciclo de vida y enemigos naturales.**

### **Morfología**

Las MSN tienen un tamaño promedio de entre 15 a 20 mm (Sheppard et al., 2002). Algunas características diagnósticas que ayudan en la identificación de esta mosca es la coloración blanca de los tarsos de las patas, sus antenas con segmentos alargados, las alas con una celda discal reducida y el patrón de las venas anales en las cuales se reduce su distancia entre si según discurren al margen anterior del ala (Woodley, 1989). Otra característica distintiva es la presencia de dos áreas transparentes localizadas en la región dorsal del segundo segmento del abdomen (Figura 1). Las partes bucales del adulto de la mosca soldado negra son rudimentarias, por lo cual el adulto no se alimenta. Los adultos sobreviven en dicha etapa gracias a la grasa almacenada durante sus etapas larvales (Newton et al., 2005). En Puerto Rico, se encuentran dos especies del género: *H. illucens* y *H. albitarsis* (Wolcott, 1948). La diferencia más distintiva de estas es que *H. illucens* contiene en el abdomen dos segmentos transparentes, mientras que en *H. albitarsis* estas áreas están ausentes. Recientemente Olivera et al (2016), utilizando microscopía electrónica de rastreo presentan una descripción de la morfología externa de los adultos de *H. illucens* y donde describen con detalle el dimorfismo sexual en la especie.

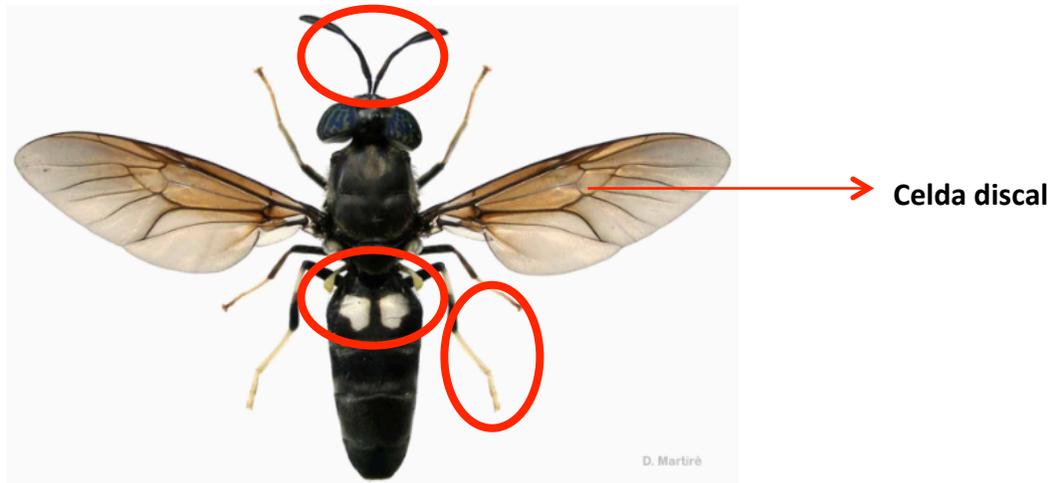


Figura 1. *H. illucens* adulta (National Inventory of Natural History)

Rozkosný, 1983 y Gobbi, 2013 presentan las características diagnosticas usadas para separar los sexos de *H. illucens* (Tabla 1).

Tabla 1 Características identificativas de las hembras y los machos

Hembras	Machos
Más pelos blancos en la cara	Menos pelos blancos en la cara
Cuatro tubérculos frontales negros;	Genitales más cortos que las hembras
Abdomen largo; Cercos con dos segmentos	Genitales alienados con el sinsterno, con dos lóbulos posterolaterales a cada lado.
Tamaño medio del ala: 14,67 mm	Tamaño medio del ala: 14,24 mm
Menor tamaño que los machos	Mayor tamaño que las hembras

Fuente: Rozkosný, 1983; Gobbi, 2013

### Ciclo de vida

Como en todos los insectos holometábolos, el ciclo de vida de esta mosca se divide en huevo, larva, pupa y adulto. De acuerdo con Gobbi (2012) y con Álvarez (2012) el huevo mide 1 mm, es ovalado y de color amarillento, y esta etapa tiene una duración de unos 4 días antes de la eclosión. Posee 5 estados larvales llamados L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub>, L<sub>3</sub>, L<sub>4</sub>, L<sub>5</sub>, y al llegar al último estado larval

(L<sub>5</sub>) la larva madura busca refugio y entra en un estado quiescente llamado prepupa (Gobbi, 2012; Álvarez, 2012). El tiempo de desarrollo larval está influenciado por la temperatura y otros factores, pero es de aproximadamente 14 días (Hall & Gerhardt, 2002). El estado pupal es uno quiescente y tiene una duración de unas dos semanas. Luego, este periodo, está supeditado a factores ambientales, el imago no se alimenta, tarda 4 días en alcanzar la madurez sexual, y solo tiene 8 días de vida (Álvarez, 2012).

Los estadios de la fase de larva y de la pupa están influenciados por la calidad del sustrato, y factores tales como la humedad y la compactación del mismo son determinantes para su duración. Un mayor contenido de humedad del sustrato y una menor compactación resulta en una pupación más exitosa (menor dificultad para la alimentación de las larvas; Holmes et al., 2013). Estos autores demostraron que cuando el sustrato retiene mayor humedad (i.e., contiene tierra de jardín y viruta de madera) el tiempo de desarrollo larval es más corto, y el éxito de obtener adultos es mayor. En contraste, la ausencia de sustrato ocasiona un menor estadio pupal pero se disminuye el porcentaje de eclosión adulta. Barros-Cordeiro et al., (2014) presenta una descripción detallada del desarrollo de la etapa de pupa, desglosándola en cuatro fases según su secuencia y el color de los ojos: apólisis de larva-pupa, pupa criptocefálica, pupa fanerocefálica y farate. En la Tabla 2 podemos observar el tiempo promedio de desarrollo de cada una de las fases del ciclo de vida (Oliveira et al., 2015).

Tabla 2 Ciclo de vida de *H. illucens* L. (Oliveira et al., 2015)

<b>Etapas</b>	<b>Tiempo de desarrollo</b>
<b>Huevo</b>	4 días
<b>Larva</b>	22-24 días
<b>Pre-pupa</b>	-----
<b>Pupa</b>	14 días
<b>Adulto (pre-reproducción)</b>	4 días
<b>Adulto</b>	5-8 días
<b>Total</b>	50 días

### **Comportamiento sexual**

La reproducción parece ser la función principal del estado adulto. Tomberlin y Sheppard (2002) demuestran que el 69% de los apareamientos ocurren dos días después de la eclosión y que el 70% de las oviposiciones ocurren cuatro días más tarde. Según los autores, tanto el apareo como la ovoposición estaban afectados por variables ambientales tales como: la calidad e intensidad de luz, la hora del día, la temperatura y la humedad.

Estas moscas tienen un comportamiento sexual similar a otras especies territoriales. Así, el macho de *H. illucens* parece tener un comportamiento territorial catalogado como “lekking”, de tal forma que descansa en solitario sobre algún objeto (e.g., hoja, rama, etc.) y cuando otro macho sobrevuela su espacio, éste se eleva hasta aproximadamente 1.5 metros para ahuyentarlo. De lo contrario, cuando una hembra entra en su espacio aéreo el macho se eleva en espiral, y si la hembra lo acepta, copulan mientras descienden. Curiosamente, no se observa actividad de cópula en las áreas donde la hembra deposita los huevos (Tomberlin, 2001). La hembra de *H. illucens* copula una sola vez, y deposita entre 320 a 620 huevos en

áreas húmedas que posean recursos nutricionales adecuados para cuando eclosionen los huevos las larvas se puedan alimentar (e.g., gallinaza, fruta en descomposición o basura; DiClaro y Kaufman, 2018).

Aunque poco se conoce de la abundancia estacional de esta mosca en los trópicos, en zona templadas del sureste de los Estados Unidos *H. illucens* se encuentra activa desde finales de la primavera hasta el otoño, presentando hasta tres generaciones al año (Tomberlin et al., 2009).

#### **Efectos de factores bióticos y abióticos en el desarrollo y la longevidad de *H. illucens***

Como en todos los organismos, los factores ambientales tienen un rol prominente en el desarrollo y supervivencia de *H. illucens*. Una variable ambiental que está relacionada con su desarrollo y supervivencia es la humedad relativa (H.R.). Holmes y sus colaboradores (2012) encontraron que tanto el tiempo de eclosión de huevos, como el porcentaje del éxito de los adultos en emerger de la pupa mantenían una relación directa con la humedad relativa. Por ejemplo, a 60% H.R. el tiempo de eclosión de huevos fue de 71.2 horas, mientras que el éxito de eclosión fue de 72.7%. En contraste, a 40% H.R. los huevos tuvieron un tiempo de eclosión de 90.1 horas, y el éxito de eclosionar se redujo al 19.9%. De igual manera, los autores demuestran el efecto positivo de mayor humedad relativa en la disminución significativa en los tiempos de desarrollo larval y aumentos en la longevidad de los adultos.

De manera similar, la temperatura es otra variable ambiental de importancia en el ciclo de vida de la *H. illucens*. Según Holmes y sus colaboradores (2016) las temperaturas inferiores a 16° C impiden la eclosión de los huevos no. Igualmente, temperaturas inferiores a 19° C impiden el desarrollo normal de las larvas. Por otro lado, temperaturas altas (i.e.,  $\geq 36^{\circ}$  C) tienen un efecto perjudicial sobre el tamaño y sobre la longevidad del adulto (Tomberlin et al, 2009).

Finalmente, existe evidencia de la necesidad de una flora bacteriana para la ovoposición de esta mosca. Zheng et al., (2013) realizó un estudio para evaluar la relación entre la existencia de bacterias en el medio y la ovoposición de la *H. illucens*. Esto autores hallaron que en un medio estéril el número de deposiciones de huevos era significativamente menor que en medios no estériles. Bacterias tales como *Providencia* sp. atraía a las hembras para la ovoposición, mientras que otras hembras eran repelidas de áreas donde se encontraban bacterias como la *Ignatzschineria* sp.

### **Enemigos naturales**

Hay muy pocos registros de los enemigos naturales de *H. illucens*. Entre estos existe un reporte de Peris (2015) de la avispa parasitoide *Aphareta* sp. (Braconidae: Alysiinae). Estos parasitoides comúnmente parasitan dípteros ciclorrafos, siendo también considerados como agentes de control biológico en una gran variedad de moscas sinantrópicas. Otro himenóptero reportado como parasitoide de *H. illucens* y de otras moscas sinantrópicas es *Trichopria* sp. (Hymenoptera: Diapriidae) (Bradley et al, 1984). Wolcott (1948) reportó la presencia de esta avispa como *Ashmeadopria* sp. nov., en Puerto Rico y que parasita moscas sinantrópicas, tales como *Haematobia irritans* (L.). Finalmente, también se ha informado sobre la presencia de

ácaros como enemigos naturales, tal como *Amblyseius swirskii*, que se alimenta de su hemolinfa (Nguyen et al 2015).

### Distribución Geográfica de *Hermetia illucens*

*Hermetia illucens* es una especie cosmopolita que tiene una distribución geográfica tanto en zonas templadas como en zonas tropicales (Wang y Shelomi, 2017) (Figura 2). Probablemente es de origen Neotropical desde donde ha colonizado todos los continentes excepto la Antártica (Marshall et al., 2015). En Puerto Rico, esta especie fue reportada por von Roeder en el 1885 (Coquillet, 1900., Wolcott, 1948). En el 1900, Coquillet menciona a la *H. illucens* al decir que se capturaron dos especímenes de la mosca soldado negra en los municipios de Utuado y Aguadilla, siendo la captura de insectos realizada entre los meses de enero y febrero de 1899.

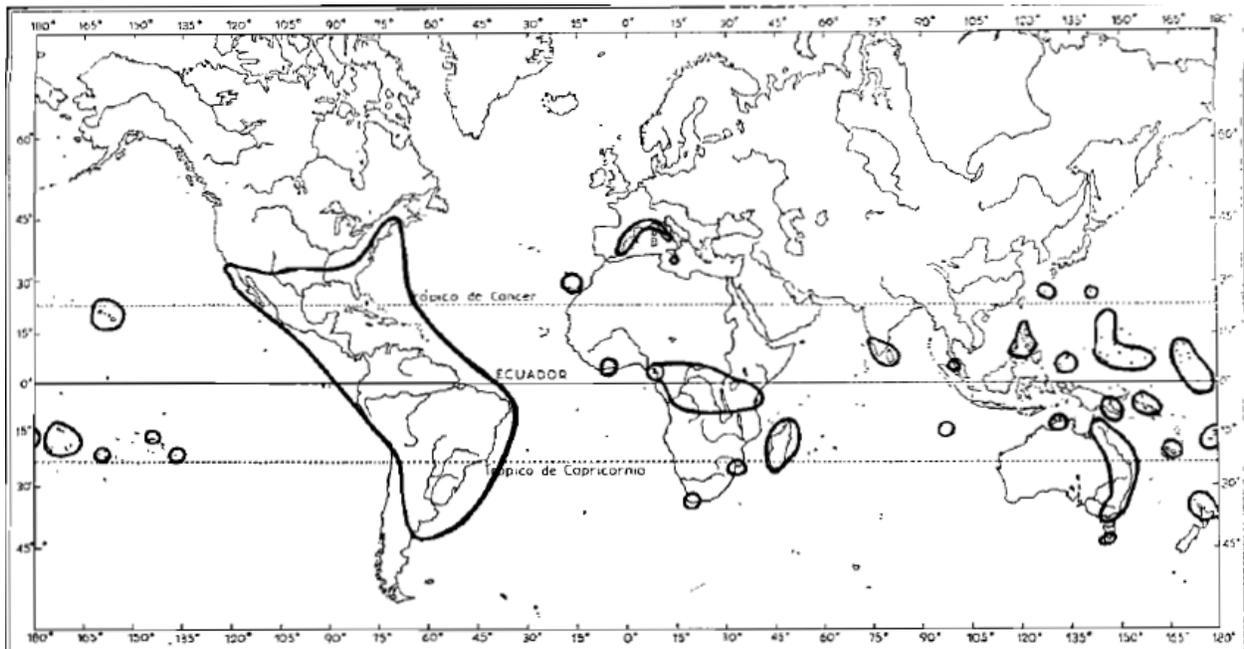


Figura 2. Distribución geográfica de *H. illucens* (Wang, 2017)

A partir de 1900 *H. illucens* ha sido informada en archipiélagos del Pacífico como Malasia, Hawaii, e Islas Marianas. La Isla de Malta fue el primer lugar de Europa donde se informó la presencia de la *Hermetia illucens* (año 1926). Desde entonces se ha dispersado en varios países de la región Mediterránea incluyendo España, Francia e Italia después de la segunda Guerra Mundial, y más recientemente en Grecia (Tsagkarakis, 2015). La cordillera de los Alpes se había considerado como una barrera natural en la dispersión de la *H. illucens*, sin embargo, entre los años 2009 al 2011, se informa en Eslovenia (2009) y la República Checa (2010). Lo importante de estos hallazgos es que demuestran que la *H. illucens* se puede adaptar a climas más fríos y a diferentes hábitats (Roháček y Hora, 2013). Evidencia adicional de este hecho es el reciente reporte de esta mosca en Ontario, Canadá en el 2007. Se piensa que se ha establecido allí debido a que ha sido identificada en varios casos de entomología forense (Marshall et al., 2015).

Según Maarten de Groot, (2011) hay varias hipótesis para explicar la diseminación *H. illucens* tales como: a) la importación para controlar la *Musca domestica*; b) la venta como alimento para los reptiles; c) algunas larvas pueden haberse encontrado en la composta importada; y d) la colonización natural entre áreas aledañas.

Dependiendo del área geográfica, los adultos pueden observarse entre los meses de abril a noviembre en la parte sudeste de los Estados Unidos, y son abundantes durante la primavera y el otoño (Tomberlin et al, 2002). En Brasil la mosca soldado negra puede observarse durante todo el año. (Navarro y Peris, 1991).

## **Importancia Económica y de Salubridad de *Hermetia illucens***

### **Manejo de residuos en granjas de animales**

Los insectos son importantes contribuyendo al reciclaje de nutrientes, convirtiéndose, a su vez, en una potencial fuente alimenticia para los animales de granjas. Estos transforman la proteína y otros nutrientes del estiércol, tal como la gallinaza, en biomasa con una alta calidad proteica (Newton et al., 2005). Es por ello que la larva de la MSN es el insecto más común utilizado para el manejo de excrementos animales, debido a que este es un consumidor voraz de esta materia orgánica y es de fácil reproducción (Newton et al, 2005; Diener et al, 2009). Sus etapas larvales son capaces de reducir el excremento entre 50-60% en volumen, siendo beneficiosos para un agricultor debido a la reducción en costos de manejo y disposición (Newton et al., 2005). Otro beneficio del uso de insectos es que reducen el olor desagradable de la gallinaza, la presencia de otras moscas y el desarrollo de bacterias infecciosas (Erickson et al., 2014).

### **Miasis y uso en entomología forense**

Miasis es la condición donde larvas de dípteros infestan tejidos de humanos o animales vertebrados. Las larvas pueden alimentarse del tejido vivo o tejidos muertos en los animales. La condición de miasis se ha informado en todas partes del mundo pero son más prevalentes en las zonas tropicales cuya economía está en vías de desarrollo (Francesconi y Lupi., 2012). Scott (1964), en un estudio realizado entre los años 1952 al 1962, estableció que ocho casos de un total de 120 diagnosticados en los Estados Unidos probablemente eran debidos a la *H. illucens*. Para ese periodo de tiempo un caso de miasis fue notificado en Puerto Rico, producido por la *Callitroga hominivorax* (Fox y Galindo, 1962). Para el año 2000, se informaron

aproximadamente unos 7,000 casos de miasis en los Estados Unidos. Sin embargo, este dato probablemente no representa el número total de casos debido a que la notificación de este tipo enfermedad no es obligatoria por ley, al igual que en Puerto Rico. (NNDSS., 2018)

Lee y colaboradores (1995) notificaron un caso de miasis entérica en un niño de 7 años en Malasia, identificando dos larvas en el vómito. En el 2005, Calderón-Arguedas presentó un caso de miasis entérica causada por *H. illucens* en una mujer residente en Costa Rica. La condición se diagnosticó luego que la paciente eliminara larvas de *H. illucens* en estadio cuatro, confirmando que el insecto causa miasis entéricas. Adler (1995) notificó un caso de miasis causada por *H. illucens* en una mujer residente en el estado de Washington (EE. UU.) que había viajado a África.

La entomología forense es la ciencia que estudia los insectos u otros artrópodos como evidencia en las investigaciones legales. El estudio de los artrópodos va a permitir establecer el Intervalo Postmortem (IPM), permitiéndole a los investigadores forenses conocer el momento de la muerte. La descomposición del cuerpo pasa por cuatro fases: coloración, gaseosa, colicuativa y reductiva. Gaedke (2017) estudió en Brasil un cadáver colonizado por larvas de *H. illucens* en estado 3 en la fase reductiva. El mismo investigador estudió diez cadáveres donde tan solo la *H. segmentaria* y la *H. illucens* fueron encontradas en dos diferentes fases. Debido a que el ciclo de vida de *H. illucens* es de aproximadamente 30 días, encontrar una larva estadio 3 puede ayudar a establecer que el IPM en ese caso fue de más de 20 días.

## Actividad antibacterial

Erickson et al., (2004) encontró que la *H. illucens* posee la capacidad de reducir la actividad de la *E. coli* 157:H7 y de la *Salmonella enterica* en la gallinaza. Por su parte, Liu y sus colaboradores (2008) encontraron que *H. illucens* reducía la carga de la *E. coli*, pero ésta seguía presente a bajos niveles. Además, Erickson y sus colaboradores hallaron que los patógenos no eran destruidos inmediatamente en el tracto digestivo de *H. illucens*, lo que podría suponer una potencial contaminación cruzada. Quizás el mecanismo de reducción ha sido elucidado por el trabajo de Li et al., (2017) quienes encontraron dos péptidos que tienen actividad antimicrobiana contra bacterias Gram-Positivas como es el *Staphylococcus aureus* Meticilin resistente (MRSA por sus siglas en inglés). Otros mecanismos han sido presentados por Zdbicka-Barabas (2017), donde *H. illucens*: a) posee unas estructuras similares a nódulos en la hemolinfa que pueden ser parte de la respuesta inmune de la *H. illucens*; b) a su vez el incremento de actividad de la fenoloxidasa al exponer a la larva a *E. coli*, indica la importancia de esta enzima en la repuesta inmune hacia las Gram-positivas y Gram-negativas y c) la producción de lisozima es un factor en la eliminación de las bacterias Gram-positivas (Erickson et al., 2004., Liu et al., 2008., Zdbicka-Barabas et al. ,2017).

## **MATERIALES Y METODOS**

Para ver una lista completa de variables del estudio y sus definiciones favor referirse al Apéndice I.

### **Localización, estructuras y fechas del estudio**

Los estudios se llevaron a cabo en la Granja de Animales Pequeños del Departamento de Ciencia Animal, localizada en los terrenos de la Estación Experimental Agrícola de Lajas de la Universidad de Puerto Rico (18.032381N; 67.073056W) entre enero del 2016 a septiembre de 2017. La nave es una estructura de aluminio corrugado, típica para la producción de huevos, de doble piso, donde las gallinas ponedoras se encuentran en el nivel superior y la deposición y recogido de gallinaza ocurre en el nivel inferior (figura 3). Las gallinas estaban alojadas en cinco módulos piramidales con una capacidad de 96 aves cada uno. Debajo de cada jaula, en el nivel inferior, se estudiaron los cinco montículos de gallinaza, los cuales se encontraban bajo sombra, a temperatura ambiente, y protegidos de la lluvia.

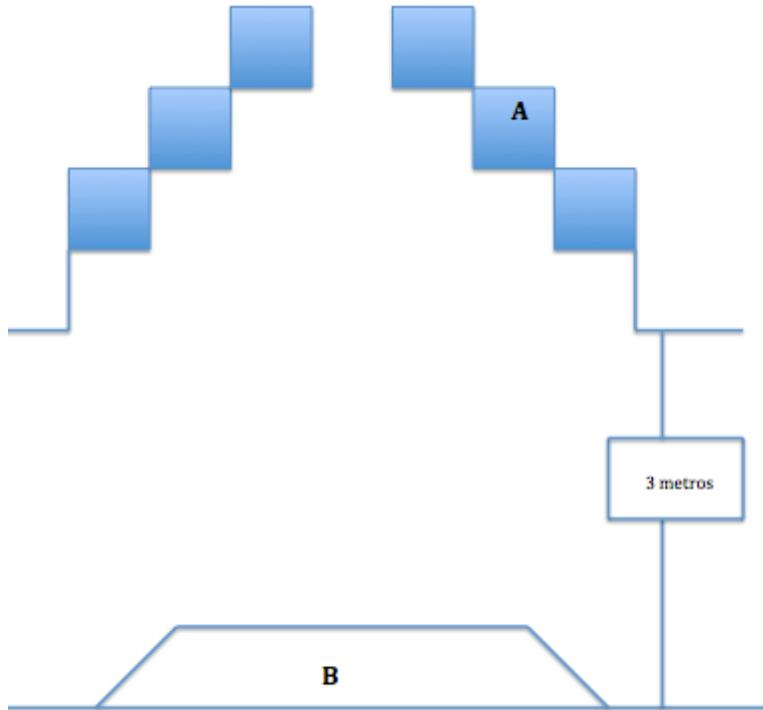


Figura 3. Instalación utilizada (vista frontal): A) Jaula de las gallinas, B) Montículo de gallinaza

### **Identidad y abundancia de adultos de especies de moscas sinantrópicas y enemigos naturales.**

La captura de adultos de moscas y de enemigos naturales se realizó mediante el uso de diversos tipos de trampa, según se detalla en la próxima sección. Luego de coleccionados, los ejemplares fueron trasladados al laboratorio de entomología localizado en la Finca Alzamora del Recinto Universitario de Mayagüez para su identificación, montura o preservación en alcohol etílico (70%), y su conteo. La identificación preliminar se logró usando un microscopio estereoscópico y claves taxonómicas, según fuese necesario.

## **Evaluación de tipos de trampa para adultos y fechas de observación**

En el trabajo de campo se capturaron ejemplares adultos por medio de cuatro tipos de trampas pasivas en la cercanía inmediata de los montículos de gallinaza (Ver Figura 4, 5 y 6). Las trampas utilizadas para la captura de adultos fueron: 1) las trampas de pega amarilla (7.6 x 12.7 cm), 2) la trampa pasiva tipo Möericke fueron construidas utilizando cajas plásticas con capacidad de 4 litros, conteniendo 2 litros de agua con jabón adentro, 3) trampas de Malaise (modelo 2875D. Bio-Quip Products. Rancho Dominguez, California), 4) trampas de caídas y 5) trampas de luz ultra violeta. Todas estas trampas se usan comúnmente en la estimación poblacional de dípteros (Southwood y Henderson, 2005).

Debido a factores fuera del control de los investigadores, , estas trampas se emplearon en diferentes fechas del periodo experimental. Las trampas de pega se utilizaron entre el 1 de febrero al 8 de marzo del 2017, realizándose un total de ocho muestreos (i.e., muestreos semanales). Igualmente, la trampa Möericke se usaron entre el 1 de febrero al 8 de marzo del 2017. Tanto las trampas de pega pintadas de amarillo como las transparentes, como las trampas de Malaise se establecieron entre los días 1 de julio al 25 de agosto de 2017, revisándose a intervalos semanales, en seis ocasiones. En el caso de las trampas de Malaise se usaron dos trampas idénticas por réplica semanal, una de ellas con cebo de gallinaza fresca en la parte inferior, otra sin cebo alguno, para un total de 8 réplicas por tipo de trampa.

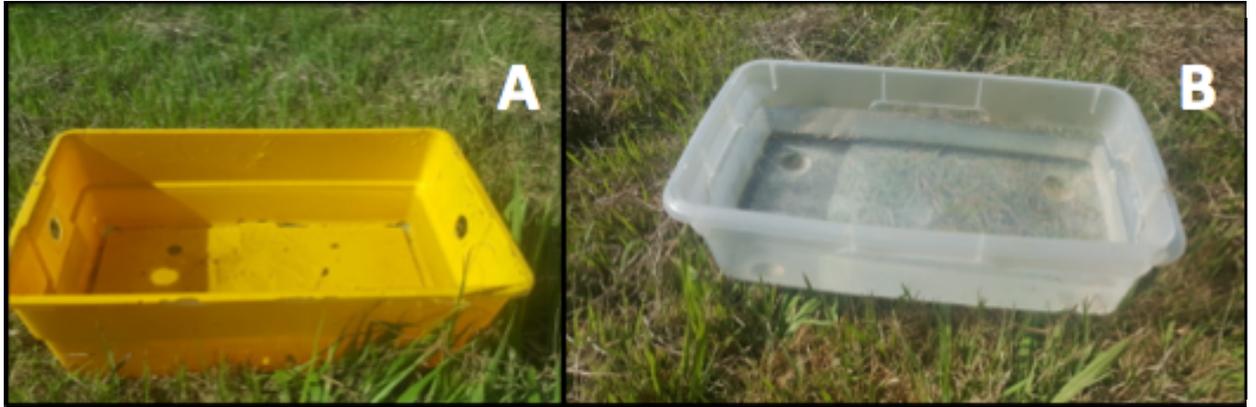


Figura 3. Trampa Möericke: A) Pintada, B) No Pintada.



Figura 4. A) Trampa de Malaise, B) Trampa de Luz Ultra Violeta

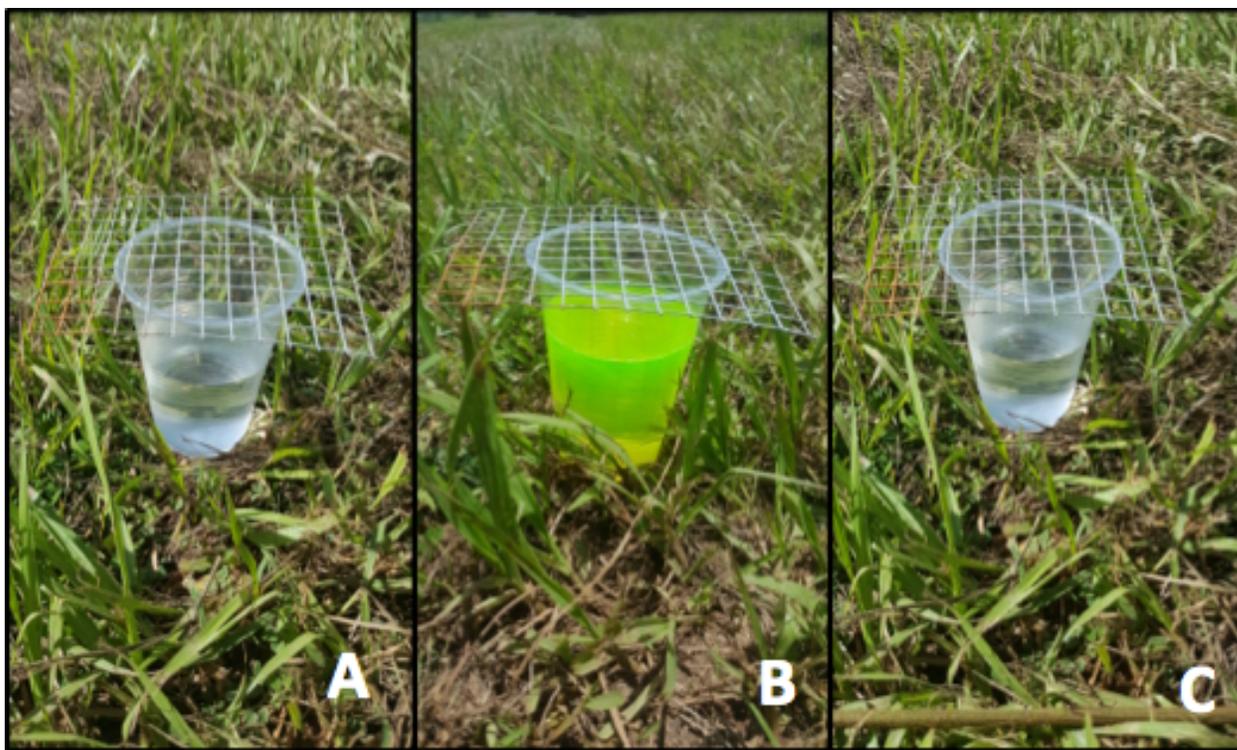


Figura 5. Trampas de caída: A) Trampa de caída con agua y jabón, B) Trampa de caída con refrigerante de automóvil, C) Trampa de caída con agua y formaldehído al 10%.

### **Efecto de la posición y de la humedad en la estructura poblacional de larvas sinantrópicas en montículos de gallinaza.**

Las captura de larvas en los montículos de gallinaza fue realizada entre los meses de enero a julio sumando un total de 34 semanas de estudio, de éstas fueron incluidas en los análisis las semanas de la 10 a la 34, es decir un total de 25 semanas de muestreo. Las semanas 1 a la 9 fueron eliminadas del análisis final debido a la muestra interior media de los montículos de gallinaza no fue obtenida.

Para determinar la influencia de la posición y humedad en el montículo de gallinaza sobre la distribución de larvas sinantrópicas, se recolectaron aproximadamente 60 gramos de

gallinaza de seis posiciones dentro de cada uno de los cinco montículos ( $n = 30$  muestras/semana por 25 semanas entre enero y julio del 2017). De cada montículo, se coleccionaron semanalmente tres muestras de la superficie exterior (A, B, C; Figura 7), y tres muestras de área central interior (D, E, F; Figura 7). A su vez, estas muestras representan: condiciones en la superficie de la columna vertical de gallinaza (A, D), en el medio de la columna (B, E), y finalmente en la parte más inferior cerca de la superficie del suelo (C, F). Las muestras D, E y F se obtuvieron mediante el uso de un tubo polivinilo de 7.6 cm de diámetro que se introducía al centro del montículo hasta tocar el suelo (aprox. 20 cm). La columna de gallinaza dentro del tubo era expulsada cuidadosamente, manteniendo su estructura vertical. Una muestra se tomaba en cada una de las columnas: 1) de los primeros 10 cm (D), 2) del área media (E), y 3) del fondo (F).

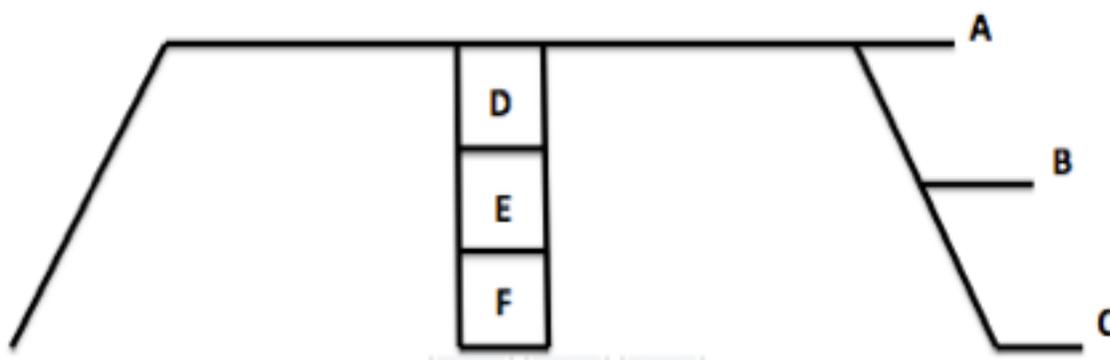


Figura 6. División del montículo (vista frontal) para la recolección de muestras: A) Superficie, B) Medio, C) Inferior, D) Superior Interior, E) Medio Interior y F) Inferior Interior.

Luego, cada muestra se colocaba dentro de una bolsa plástica identificada, y almacenadas dentro de una nevera plástica para protegerlas del calor durante el transporte al laboratorio. El contenido de cada bolsa fue pasado por una serie de tamices usando agua,

donde el tamiz más pequeño retenía las larvas más pequeñas. Las medidas de estos tamices eran de 4 mm, 2.8 mm; 2 mm y 1 mm. Todas las larvas en cada muestra fueron identificadas usando un estereoscopio y contabilizadas.

Para determinar la cantidad de agua en cada posición (descritas anteriormente) se tomaron 60 g de gallinaza de cada una, en los cinco montículos (N = 30). Las muestras se colocaron en un horno de suelos a 60° C durante 24 horas, luego de las cuales se pesaron nuevamente para determinar el porcentaje de humedad con la siguiente formula:

$$\% \text{ Humedad} = [(60 \text{ g} - \text{peso seco}) / 60 \text{ g}] * 100.$$

### **Plan estadístico**

Los análisis estadísticos fueron realizados en el programa estadístico SPSS 25.0<sup>®</sup>, y Microsoft<sup>®</sup> Excel<sup>®</sup> 2011 .

### **Trampas**

Una vez los insectos fueron clasificados, se calculó la frecuencia absoluta y relativa de los insectos capturados y clasificados según las claves. La densidad de los adultos de *Hermetia illucens* se calculó como el cociente entre el número de insectos, capturados y clasificados, entre el producto del número de trampas utilizadas y el número de días que estuvieron en funcionamiento. Se calculó la media, error estándar (EE), y mediana del tipo de insecto capturado y clasificado por temporada. Cuando fue posible se hizo una prueba de ANOVA (o Kruskal-Wallis si la distribución era no paramétrica) para evaluar la variación de la densidad poblacional tipo de trampa.

### **Población de las larvas en los montículos de gallinaza.**

Al clasificar las larvas de los insectos capturados, se calculó la frecuencia absoluta y la frecuencia relativa de las larvas capturadas y clasificadas según las claves. Se calculó la media, EE y mediana del tipo de larva identificada, según el lugar de captura (superficie o interior del montículo) y en su totalidad. Se realizó una correlación entre las larvas identificadas por su número total y localización.

### **Control de calidad**

Los insectos capturados con trampas que habían sufrido desperfectos fueron identificados y clasificados, pero no formaron parte del análisis de datos relacionado con la densidad poblacional. Se creó una base de datos en el programa Microsoft<sup>®</sup> Excel<sup>®</sup> donde se ingresó toda la información recopilada en el campo. En cada uno de los muestreos y, antes de salir de los terrenos de la Estación Experimental Agrícola de Lajas, se revisaba que todos los datos y muestras habían sido registrados. El valor máximo de información perdida (*missing data points*) para mantener un buen control de calidad, en relación a la información recopilada, fue fijado en un 5%. El por ciento de información perdida para ésta estudio fue de un 0.

En lo datos perdidos no contabilizamos la información recopilada entre las semanas 1 a la 9 de estudio debido a que no estaba contemplado en el procedimiento el recopilar muestras de la localización media interior. Por tal motivo no lo contabilizamos, pero la información recopilada no pasó a formar parte del estudio. Para verificar que el dato entrado fuera el

mismo que el recogido se realizó una revisión del 10% de la información obtenida de forma aleatoria, la revisión se llevó a cabo por medio de una doble entrada, de esta forma pudimos comprobar que el dato recogido era el entrado, el error cometido durante el estudio fue de un 0%, quedando por debajo del máximo establecido que fue de un 3%. En relación con las variables cuantitativas se realizó la prueba de mínimos y máximos, a su vez se verificó que las variables que dependían entre ellas coincidieran en los datos obtenidos esperados.

### **Ética**

No existen guías éticas de la Asociación Americana de Veterinaria con relación al trato que debe ser dado a los artrópodos. Sin embargo, los investigadores reconocen que deben ser tratados con respeto, tanto en su recolección como en la eutanasia (Harvey-Clark, 2011). Las trampas que se utilizaron son las que propone la literatura para la captura de insectos y la eutanasia fue por medio de la congelación que es uno de los métodos clásicos en los estudios realizados con insectos.

## RESULTADOS

### Identidad y abundancia de adultos de especies de moscas sinantrópicas y enemigos naturales.

Varias especies de moscas sinantrópicas fueron identificadas en las diversas trampas usadas durante esta investigación. La mosca común (*Musca domestica* L.) fue la más abundante entre estas. También se recolectaron moscas del género *Fannia* (Robineau-Desvoidy), y una especie no descrita de *Drosophila* Fallen (Comunicación Personal con N. Woodley, 2016). Estos últimos dos taxones se coleccionaron en raras ocasiones durante el periodo de este estudio, por lo que no se incluyen entre los resultados estadísticos. También se recolectaron ejemplares de *H. illucens* con mayor frecuencia, pero en menor número que los de la mosca común. (ver Tabla 3).

Se documentó la presencia de un parasitoide identificado anteriormente como parasitoide de *H. illucens*: *Trichopria* sp. (Himenóptera: Diapriidae). Esta avispa fue reconocida al emerger de una pupa de *H. illucens* del material fecal recolectado en mayo del 2016. En esa ocasión emergieron 53 avispa que fueron depositadas en el Museo de Entomología y Biodiversidad Tropical de la Universidad de Puerto Rico con los números de accesión MEBT del 32107 al 32159. Aunque se coleccionaron otros especímenes en trampas, solo existe ese record en *H. illucens*. Otro parasitoide colacionado frecuentemente lo fue el chalcidido *Brachimeria inserta* (Cresson) (Himenoptera: Chalcididae). Este último nunca fue

recuperado de pupas de *H. illucens*, y en la literatura solo se informa como parasitoide primario de pupas de Lepidóptera, o como hiperparasitoide de moscas tachinidas en pupas de lepidóptera (Burks, 1960). Sin embargo, por su abundancia relativa en las muestras recolectadas, se decidió incluirlas en la Tabla 3.

Tabla 3 Números y proporciones de moscas sinantrópicas y parasitoides comunes en los muestreos de adultos usando tres métodos de captura

Especie	Tipo de Trampa								
	Pega Amarilla			Möericke			Malaise		
	N	%	Tasa	N	%	Tasa	N	%	Tasa
<i>Trichopria sp.</i>	111	10.7	13.9	--	--	--	--	--	--
<i>Brachymeria incerta</i>	30	2.9	3.8	--	--	--	--	--	--
<i>Hermetia illucens</i>	15	1.5	1.9	28	43.1	4.7	15	100	1.9
<i>Musca domestica</i>	875	84.9	109.4	37	56.9	6.2	--	--	--
Total	1031	100.0	128.8	65	100	10.8	15	100	1.9

De la tabla 3 se desprende que de los insectos informados solo *H. illucens* fue capturada en las trampas de Malaise, a razón de 1.9 moscas por fecha de colección. Similarmente, en las trampas Möericke solo se recuperaron las moscas, a razón de 4.7 y 6.2 ejemplares de *H. illucens* y de la mosca común por evento de captura, respectivamente. Finalmente, en las trampas de amarillas con pega se coleccionaron la mayor diversidad y número de especies, siendo eficientes en la captura de la mosca común, del diapríido *Trichopria sp* y del chalcidido *B. incerta*. De los datos de la tabla 3 se desprende que la trampa Möericke fue exitosa en la captura de adultos de *H. illucens*. La tasa fue calculado utilizando la siguiente formula:

$$\text{Número del insecto} / \text{días de recolecta}$$

## Captura de moscas sinantrópicas y de enemigos naturales mediante el uso de trampas pasivas, y determinación de los efectos de diversidad y su efectividad relativa

La figura 8 nos presenta el número de ejemplares adultos y la tasa por muestra de *H. illucens* y *M. domestica* que fueron capturados en la trampa de Möericke si estaba pintada de amarillo vs. la trampa de Möericke transparente. No encontramos una diferencia estadísticamente significativa ( $p > 0.05$ ) en el número de ejemplares adultos capturados, ni en la tasa por muestra, tanto de la *H. illucens* como de la *M. domestica*.

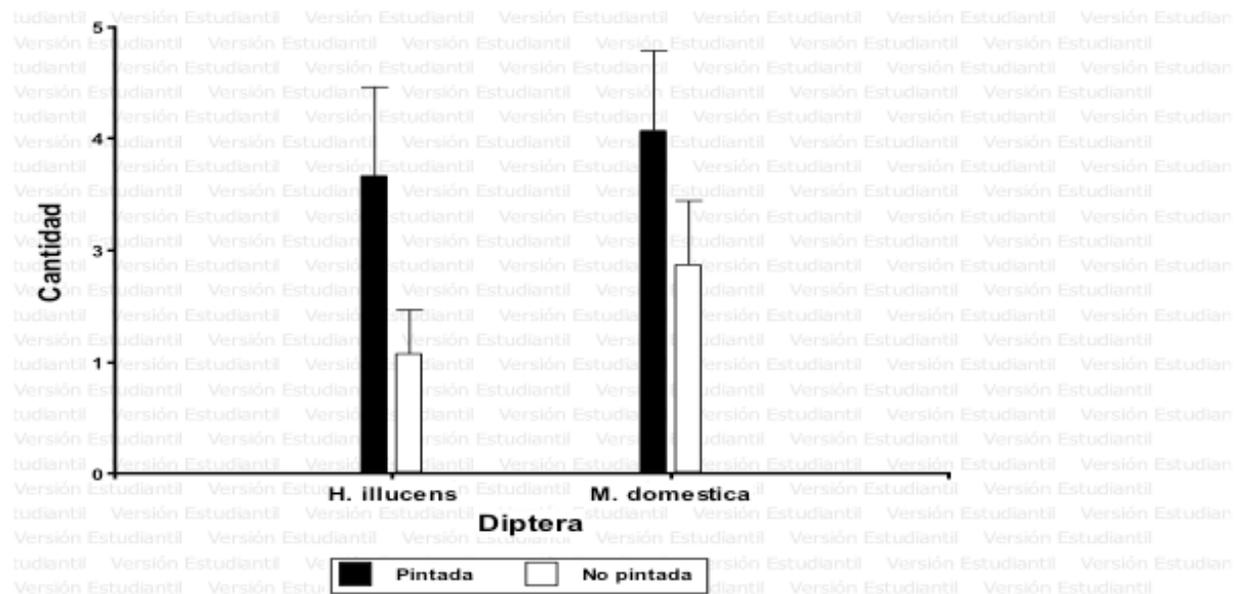


Figura 7. Cantidad de adultos capturados de *H. illucens* y *M. domestica* usando la trampa de Möericke pintada y no pintada. Letras iguales no tienen diferencias significativas ( $p > 0.05$ , Prueba de Tukey).

El número de ejemplares de *H. illucens* capturados en la trampa Malaise con cebo o sin cebo, no presentó diferencias significativas ( $p = 0.19$ ) (Figura: 9). Tampoco encontramos una diferencia estadísticamente significativa con relación a capturar más machos que hembras con la trampa Malaise ( $p = 0.78$ ) (Figura: 10). Además, no hubo una diferencia estadísticamente

significativa ( $p=0.093$ ) entre el número de ejemplares de *H. illucens* capturados por la trampa Möericke y la trampa de Malaise.

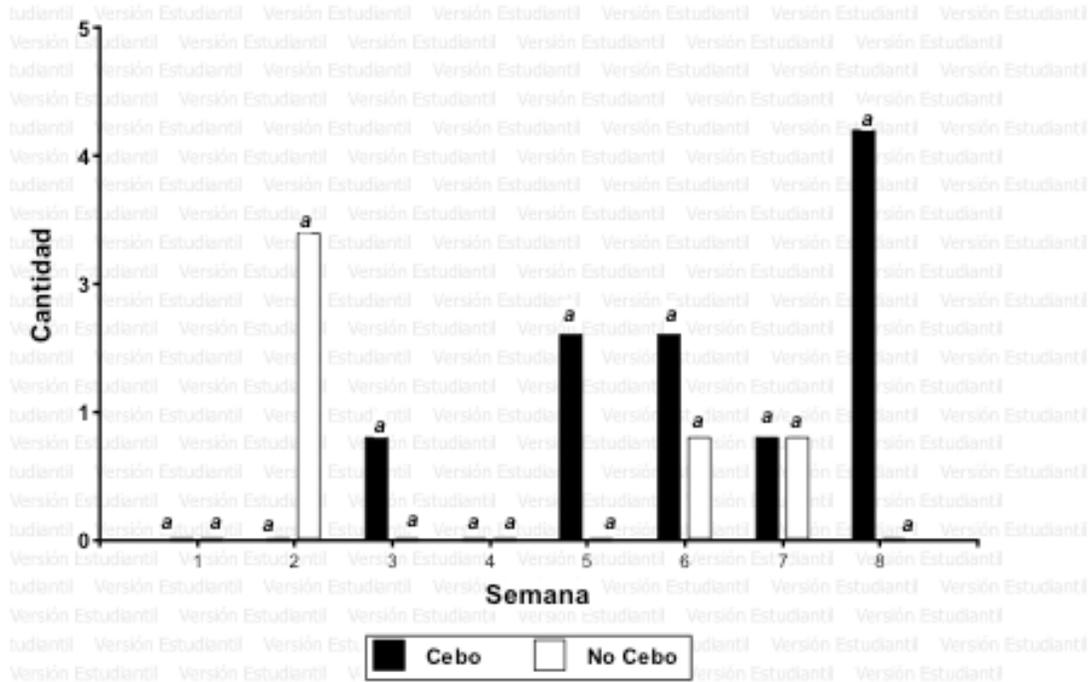


Figura 8. Ejemplares de *H. illucens* capturados usando la trampa de Malaise en cebo y sin cebo. Letras similares no tienen diferencias significativas ( $p>0.05$ , Prueba de Tukey).

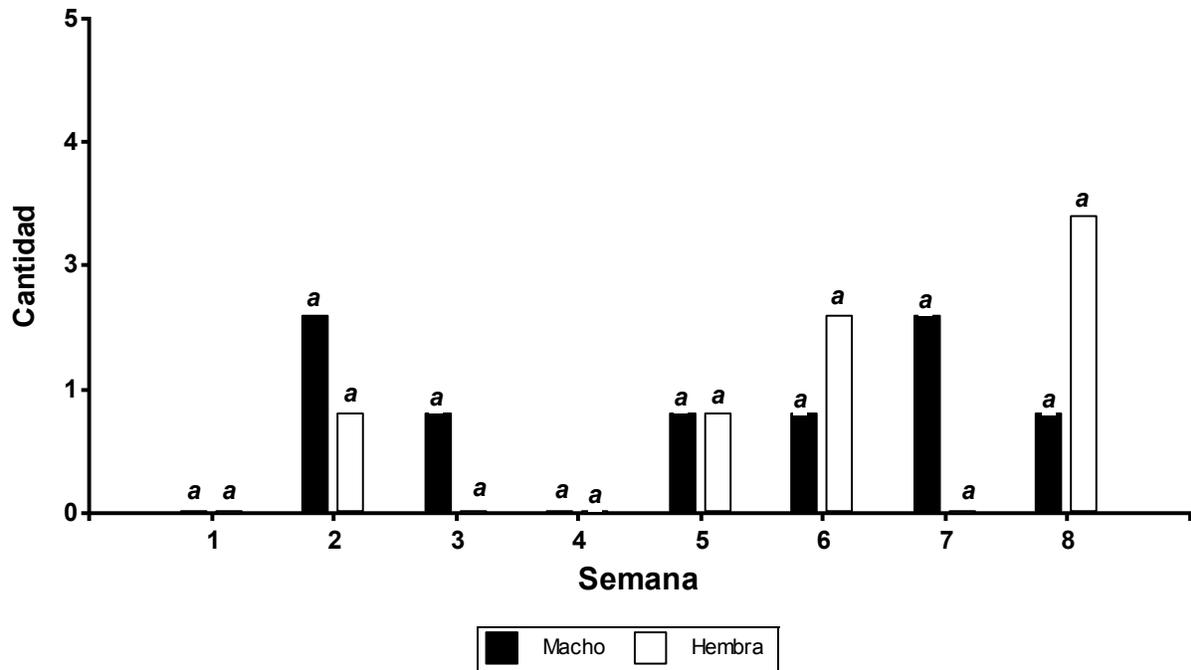


Figura 9. Cantidad de machos y hembras de *H. illucens* capturados con la trampa de Malaise. Letras similares no muestran diferencias significativas ( $p > 0.05$ , Prueba de Tukey).

En la Figura 11 podemos observar como comparan las medias semanales de *M. domestica* y *H. illucens* capturadas con la trampa de pega. En todos los muestreos se capturaron una cantidad significativamente mayor de *M. domestica* en comparación con *H. illucens* ( $p < 0.05$ ). En promedio se capturaron dos especímenes de *H. illucens* y 110 de *M. domestica* por día.

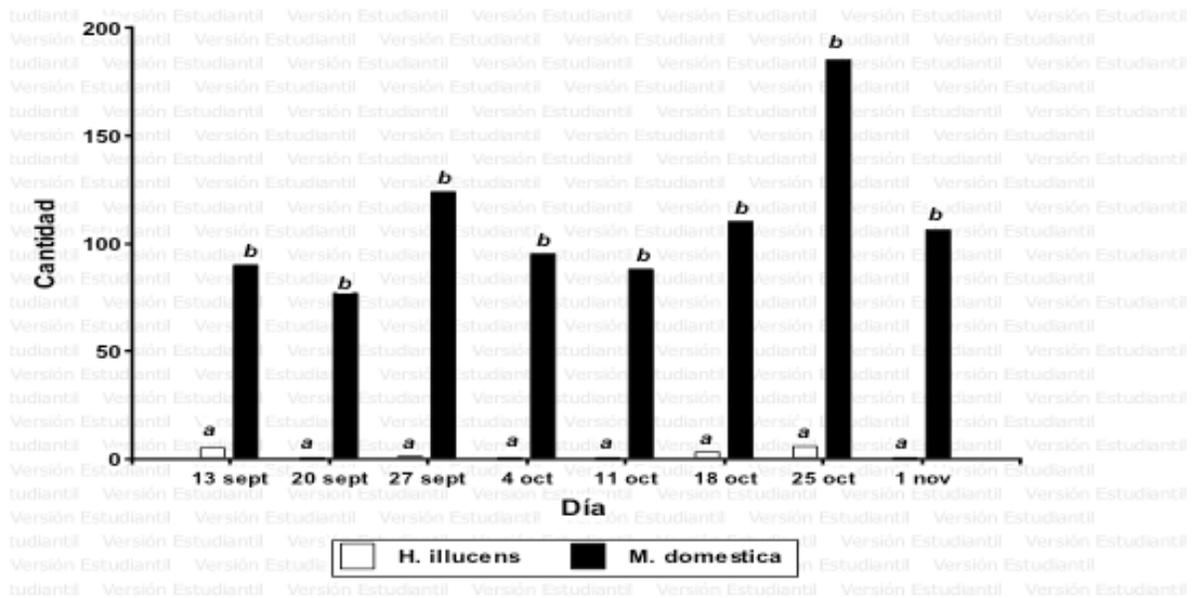


Figura 10. Insectos capturados usando trampa de pega. Letra similares muestran diferencias significativas ( $p < 0.05$ , Prueba de Tukey).

## Determinación la estructura poblacional de larvas sinantrópicas en montículos de gallinaza

### Especies capturadas

El total de ejemplares de *M. domestica*, *H. illucens* y *Syrphidos* capturados en las 34 semanas fue de 1853, 1616 y 70 respectivamente. Sin embargo, y tal como anotamos en la sección de materiales y métodos el número de ejemplares incluidos en el estudio corresponde a las últimas 25 semanas, lo cuales son 1355 ejemplares de *M. domestica* (lo que supone un 73% del total), 1450 de *H. illucens* (lo que representa un 89% del total) y 65 de *Syrphidos* (92% del total). Los *Syrphidos* capturados no fueron incluidos en el estudio debido a su escaso número ( $< 100$ ), y su identificación no fue posible más allá de que pertenecían a la subfamilia *Eristalinae*, que son en su mayoría detritívoros.

Otras especies capturadas durante el muestreo de larvas fueron *Fannia sp* y *Drosophila sp*: que la igual que los Sífidos no fueron incluidos en el estudio debido a la poca cantidad de larvas obtenidas (<100). Se intentó la identificación de esta especie enviando especímenes al U. S. National Museum y pudo tratarse de una especie sin describir (Comunicación personal con N. Woodley,2016).

### Estructura poblacional

Se agruparon los montículos en dos áreas principales: la externa, que es la que está en la superficie de los montículos y la interna, que es la que está en la parte interior. La Tabla 4 ilustra la cantidad de ejemplares de *H. illucens* y *M. domestica* que se capturaron según las dos áreas principales. También se presenta la distribución de las capturas según el estrato del montículo (superior, medio, inferior).

Tabla 4. *M. domestica* y *H. illucens* por localización (semanas 10-34).

	<i>Hermetia illucens</i>		<i>Musca domestica</i>	
Exterior		Media (EE)		Media (EE)
Superior	37	3.01 (0.52)	709	12.55 (1.87)
Media	160		155	
Inferior	11		2	
Total	208		866	
Interior				
Superior	414	18.00 (2.48)	237	7.08 (0.70)
Media	280		139	
Inferior	578		113	
Total	1242		489	
Valor <i>p</i>		< 0.001		< 0.001

Se encontró una diferencia significativa entre la cantidad de ejemplares de *H. illucens* y de *M. domestica* capturados en el interior y en el exterior de los montículos con una  $p < 0.001$  ( $n= 30$ ,  $F=25.65$ ) y  $p < 0.001$  ( $n=30$ ,  $F=161.91$ ) respectivamente (Tabla 4).

La figura 12 muestra la relación entre *H. illucens* y *M. domestica*, dependiendo de la localización del montículo. Todos estos datos fueron recolectados durante el mismo periodo de tiempo y las muestras fueron recolectadas los mismos días, de tal forma que las condiciones ambientales de recolección y crecimiento fueron las mismas para las dos especies.

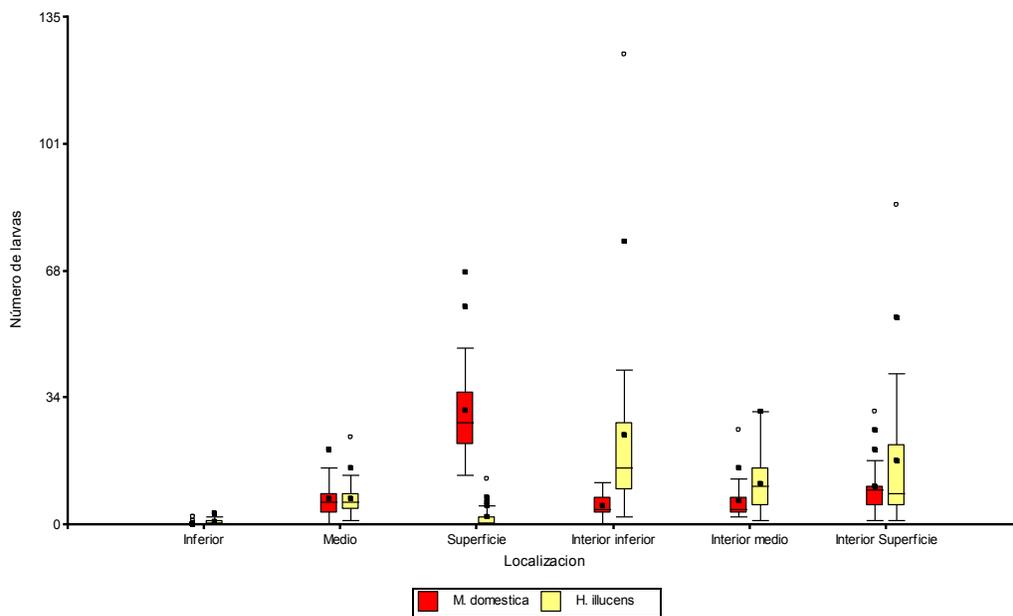


Figura 11. Distribución de las larvas de *H. illucens* y *M. domestica* en las diferentes localizaciones.

En la figura 13 podemos observar diferencias significativas en el lugar de los montículos donde fueron capturadas las larvas de *M. domestica*. Se transformó a logaritmo base 2 debido a que los datos exhibieron efectos multiplicativos, teniendo como resultado un incumplimiento

del supuesto de normalidad; luego de la transformación se cumplió con el supuesto de normalidad. Al comparar los datos recolectados en el interior se observó una diferencia significativa ( $p = 0.004$ ) entre el número de ejemplares recolectados en la parte inferior interna (113 larvas) con la parte superior interna (237 larvas) de los montículos. A su vez, se observaron más ejemplares en la parte superior interna (237 larvas) en comparación con la parte media interior (139 larvas;  $p = 0.03$ ). En la Tabla 4 podemos ver que la cantidad de larvas de *M. domestica* es mayor en la parte interior superior, luego en la interior media y por último en la interior inferior.

En relación a los ejemplares de larvas de *M. domestica* capturadas en el área exterior de los montículos, se encontraron diferencias significativas entre el número de larvas capturadas en la zona exterior-inferior (2 larvas) con la parte exterior-media (155 larvas;  $p = 0.02$ ). Adicional, al comparar el exterior-inferior (2 larvas) con el exterior-superior (709 larvas), teniendo como resultado un valor de  $p < 0.0001$ . Al comparar la localización externa media (155 larvas) con exterior superior (709 larvas), se encontró estadísticamente significativa de un valor de  $p < 0.001$ . En la Tabla 4 se observó que la mayor cantidad de larvas fueron recolectadas en la parte externa superior y en el menor en el exterior inferior.

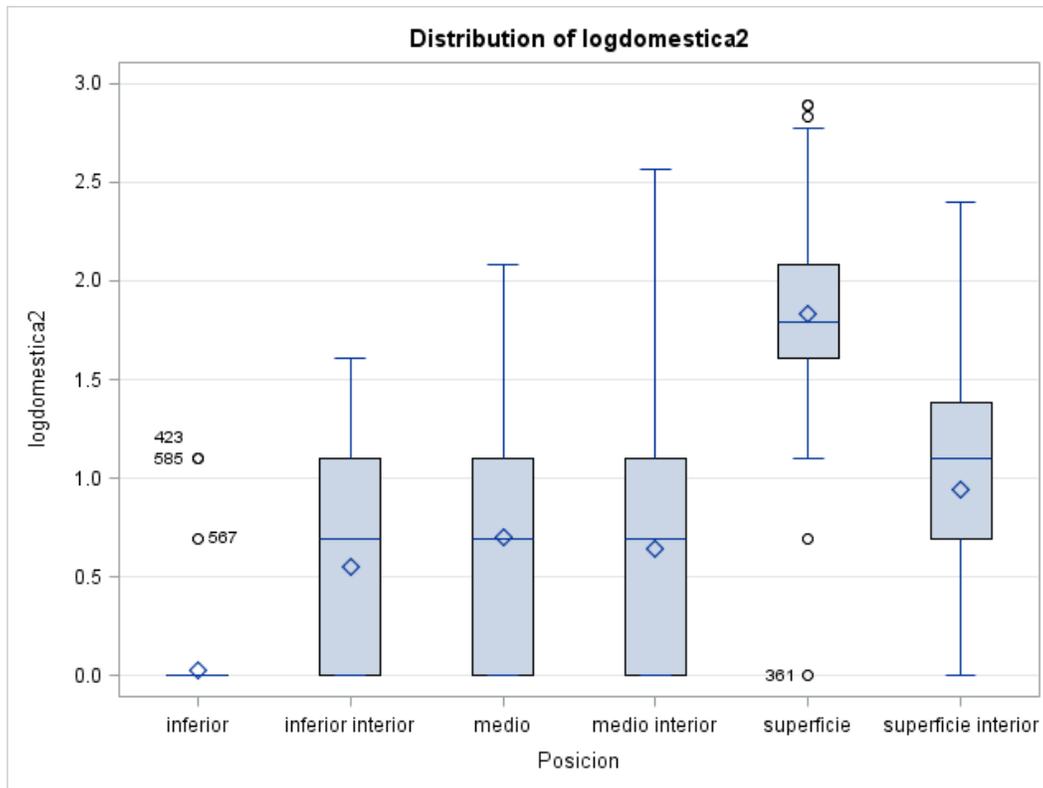


Figura 12. Distribución de cantidad de larvas de *M. domestica* capturadas ( $p < 0.05$ , Prueba de Tukey).

En la Figura 14 podemos observar la media y los percentiles 25 y 75 de *H. illucens* por localización donde fueron capturadas las larvas en los montículos. En relación al área interior no encontramos diferencias estadísticamente significativas entre las localizaciones interior inferior (578 larvas), interior media (280 larvas) e interior superior (414 larvas), aunque debemos anotar que encontramos diferencias ( $p = 0.057$ ) al comparar el área interior inferior (578 larvas) con el área media (280 larvas).

Encontramos diferencias significativas ( $p < 0.001$ ) entre las zonas exterior inferior (11 larvas) y exterior media (160 larvas) en relación a la cantidad de larvas recolectadas.

Igualmente, en la localización exterior media se encontraron más larvas que en la exterior superior (160 vs. y 37 larvas, respectivamente;  $p < 0.001$ ). En el área exterior media es donde se recolectaron el mayor número de larvas seguida del área exterior superior y por último la exterior inferior.

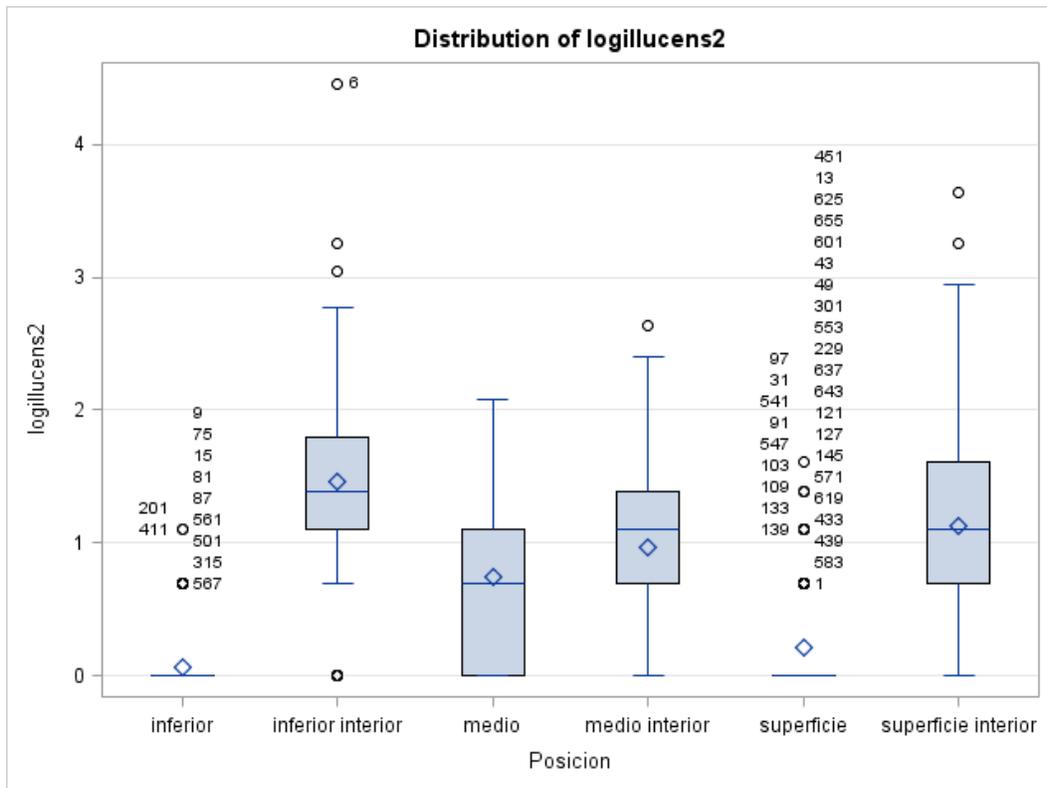


Figura 13. Distribución de cantidad de larvas de *H. illucens* capturadas ( $p < 0.05$ , Prueba de Tukey).

En las figuras 15 a la 20, observamos que no se encontró una relación lineal entre la cantidad de *M. domestica* y *H. illucens* tanto en el interior como en la superficie del montículo. Aún cuando sí se puede observar lo que aparenta ser una relación lineal positiva en el interior del montículo, y una relación lineal negativa en el exterior del montículo, a medida que se incrementa la cantidad de larvas de *M. domestica* disminuye la cantidad de larvas de *H. illucens*.

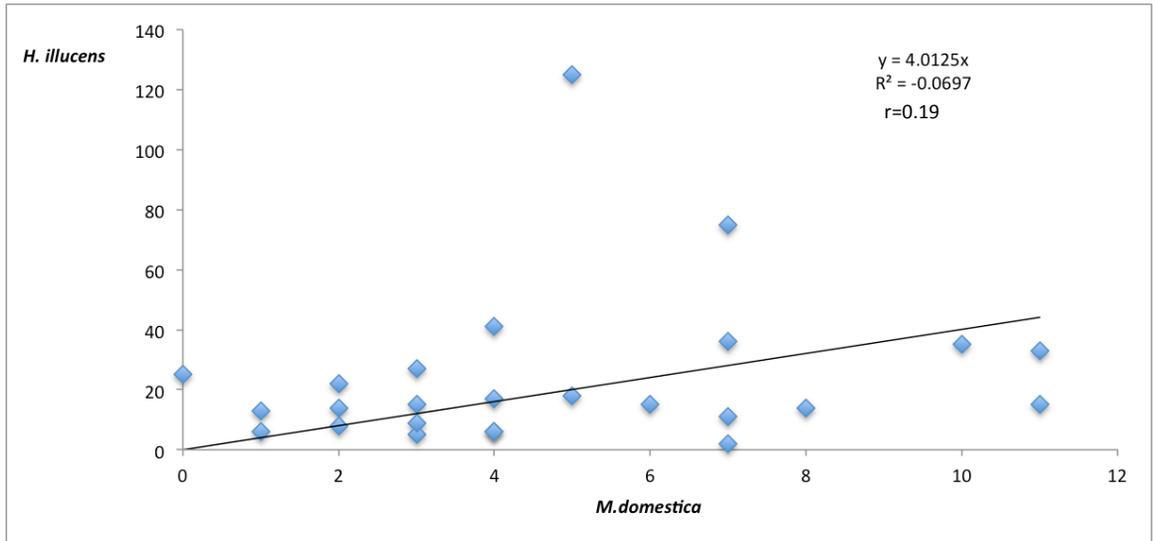


Figura 14. Relación de *H. illucens* y *M. domestica* en el interior inferior del montículo de gallinaza.

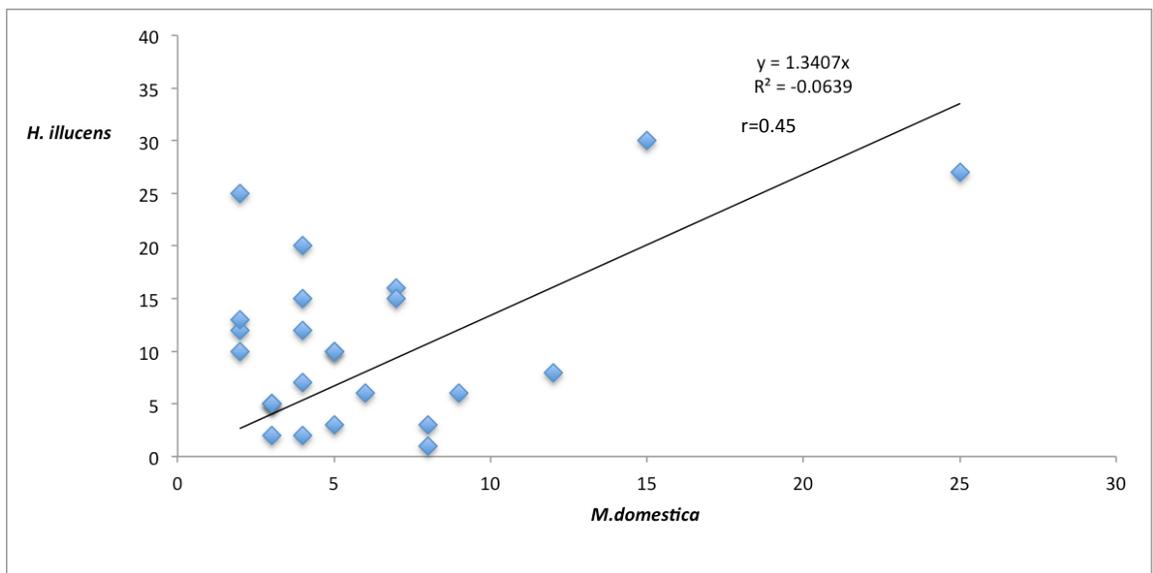


Figura 15. Relación de *H. illucens* y *M. domestica* en el interior medio del montículo de gallinaza.

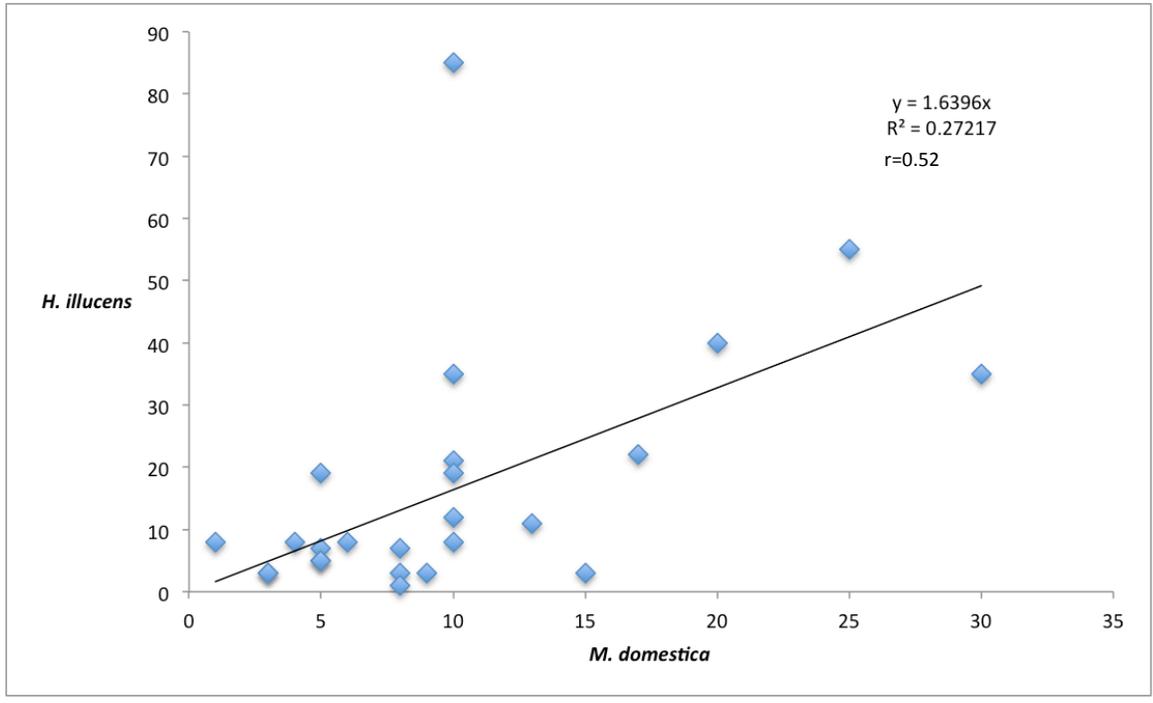


Figura 16. Relación de *H. illucens* y *M. domestica* en el interior superior del montículo de gallinaza.

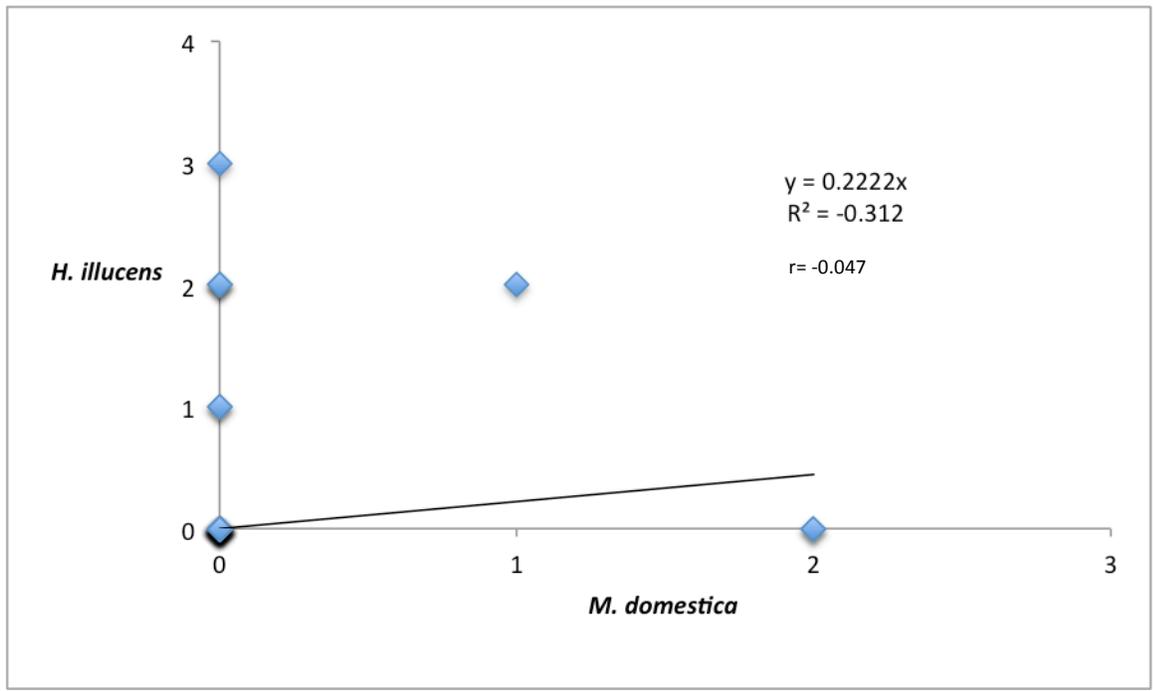


Figura 17. Relación de *H. illucens* y *M. domestica* en el inferior del montículo de gallinaza.

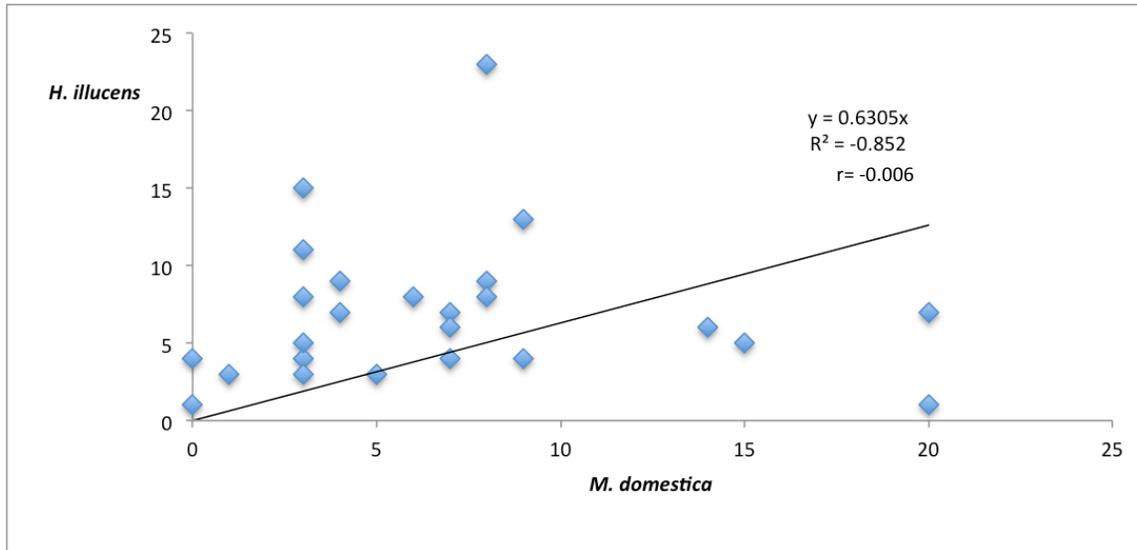


Figura 18. Relación de *H. illucens* y *M. domestica* en el medio del montículo de gallinaza.

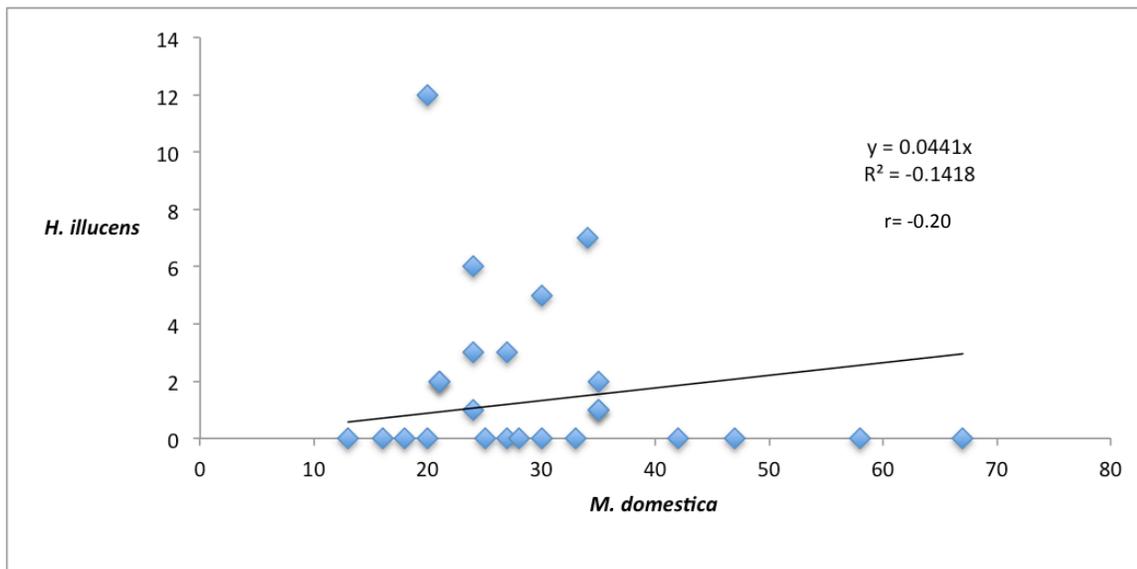


Figura 19. Relación de *H. illucens* y *M. domestica* en la superficie del montículo de gallinaza.

En las figuras 21 y 22 se puede observar la relación de las larvas de *H. illucens* y *M. domestica* dependiendo de la localidad de recolecta si es interior o superficie durante el transcurso de las semanas. Encontramos un pico en la cantidad de larvas de *H. illucens* en la

semana 10 en el área interior y otro en la semana 13. Con relación a la localización exterior, el pico lo encontramos en la semana 20. La recolección de larvas de *M. domestica* presenta dos picos en las semanas 11 y 18 en el área interior y también un incremento en la cantidad de larvas iniciando en la semana 32. En la cantidad de larvas recolectadas en la parte exterior hubo varios picos en las semanas 18, 20 24 y 25. Iniciando en la semana 31, hubo un incremento en el número de capturas de larvas, llegando al mayor pico del estudio en la semana 34.

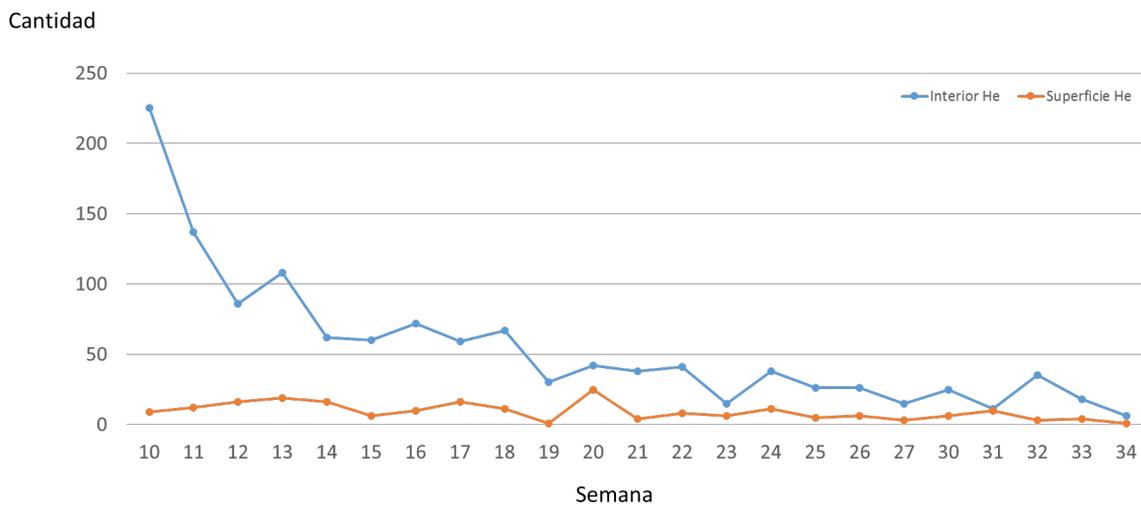


Figura 20. Relación de las larvas de *H. illucens* durante las semanas 10 a la 34 en las localidades del interior y superficie de los montículos.

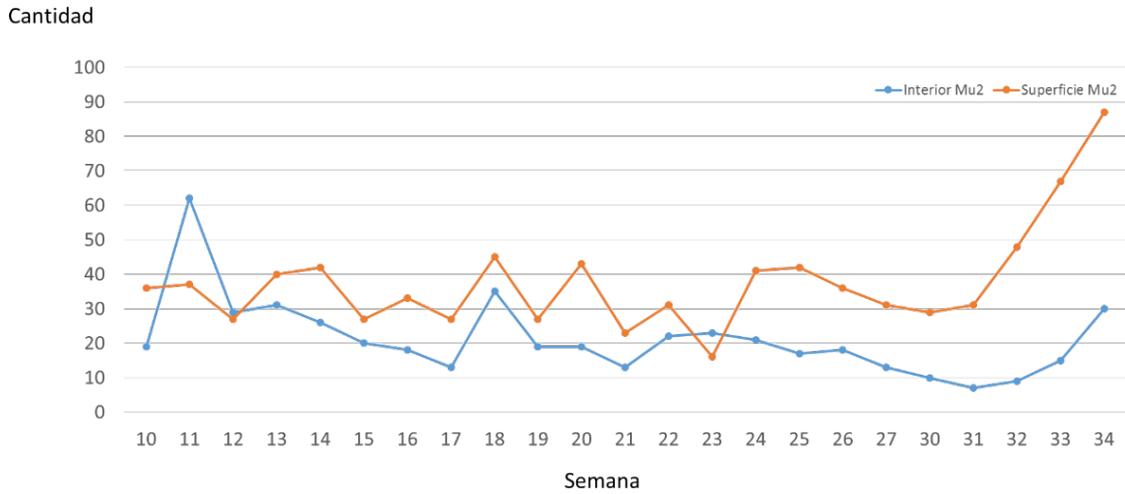


Figura 21. Relación de las larvas de *M. domestica* durante las semanas 10 a la 34 en las localidades de interior y superficie de los montículos.

En las figuras 23 y 24 se puede observar la cantidad de larvas recolectadas de *H. illucens* y *M. domestica* dependiendo del lugar de recolecta y en el transcurso de las semanas.

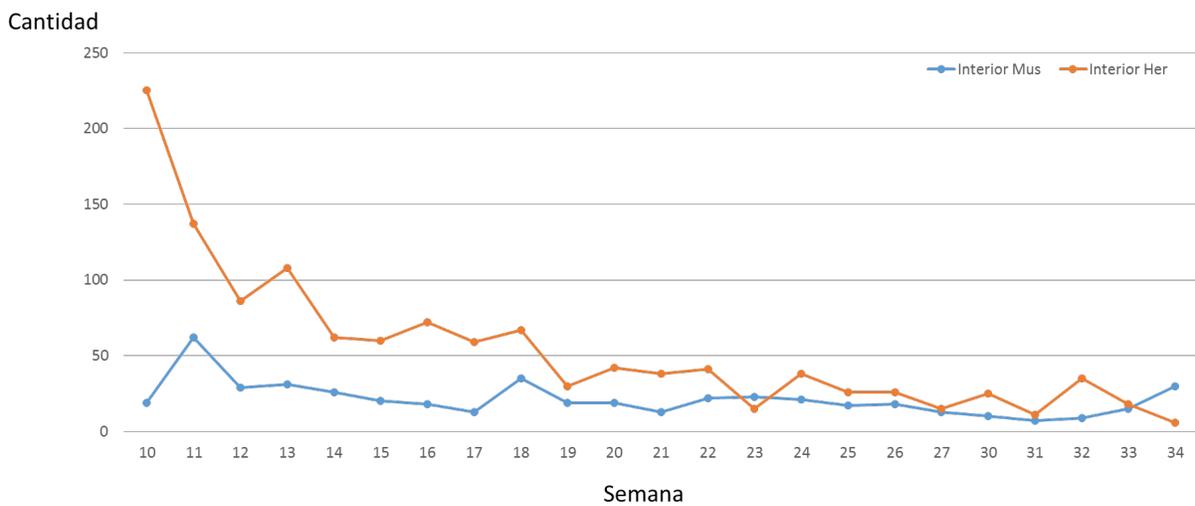


Figura 22. Comparación de las larvas de *M. domestica* y *H. illucens* durante las semanas 10 a la 34 en la localidad del interior del montículo.

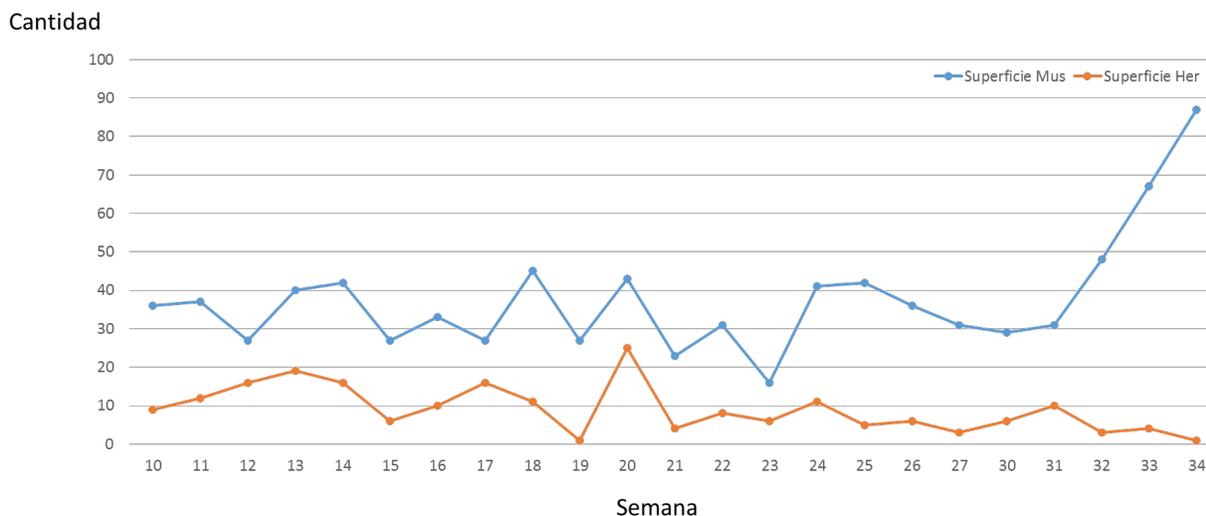


Figura 23. Comparación de las larvas de *M. domestica* y *H. illucens* durante las semanas 10 a la 34 en la localidad de la superficie del montículo.

En la Tabla 5 observamos el efecto de la semana, posición y el montículo en la cantidad de larvas de *H. illucens*. El efecto de la semana, montículo y la posición de forma independiente son significativos ( $p < 0.001$ ). Cuando evaluamos la combinación del efecto de la semana y la posición sigue siendo significativo ( $p < 0.001$ ).

Tabla 5 Efecto de la semana, posición y montículo en las larvas de *H. illucens* ( $p < 0.05$ , Prueba de Tukey)

Fuente	Num DF	Den DF	Valor de F	Pr > F
Semana	24	596	25.56	<.0001
Posición	5	596	298.04	<.0001
Semana*Posición	120	596	6.47	<.0001
Montículo	4	596	13.79	<.0001

La Tabla 6 Nos presenta el efecto de la semana, posición y el montículo en la cantidad de larvas de *M. domestica*. El efecto observado de la semana, posición y el montículo es significativo  $p < 0.001$ . Al combinar la semana y la posición sigue siendo significativo ( $p < 0.001$ ).

Tabla 6 Efecto de la semana, posición y montículo en las larvas de *M. domestica* ( $p < 0.05$ , Prueba de Tukey)

Fuente	DF	Den DF	Valor de F	Pr >F
Semana	24	596	5.86	<.0001
Posición	5	596	283.63	<.0001
Semana*Posición	120	596	3.60	<.0001
Montículo	5	596	3.83	0.0044

### Estadio larval de la *Hermetia illucens* y localización

En la figura 25 se puede observar que los instars larvarles de *H. illucens* se encuentran en diferentes proporciones en las diferentes localizaciones. En la localización inferior interior encontramos el mayor porcentaje de larvas de los instars del 1 al 3 y en la localización inferior el mayor porcentaje en los instars 4 al 6.

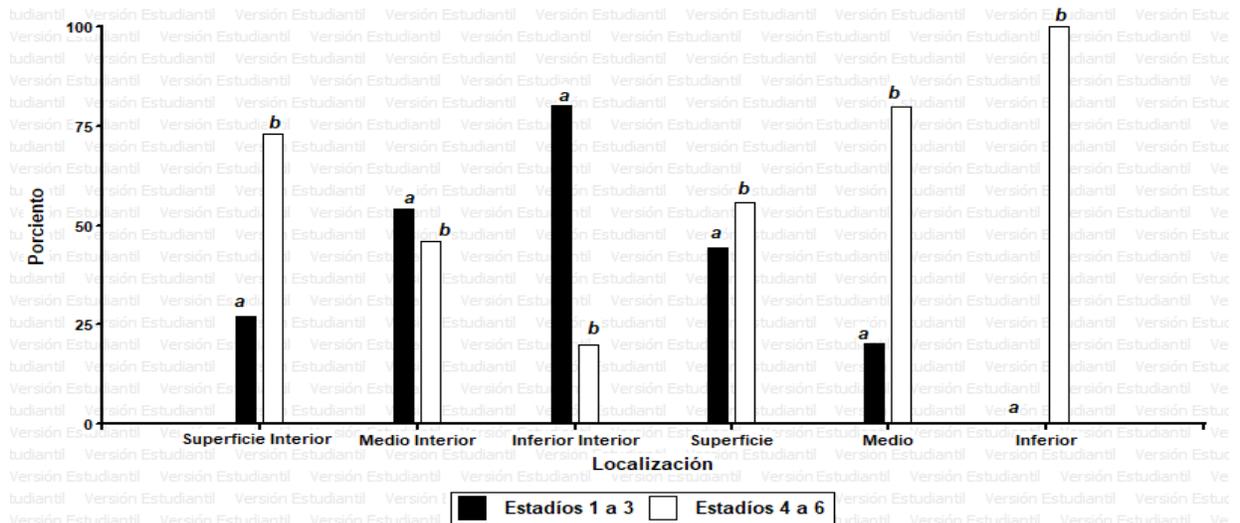


Figura 24. Distribución de los instars larvarles de *H. illucens* en las diferentes localizaciones del montículo. Letras diferentes tienen diferencias significativas ( $p < 0.05$ , Pruebas de Tukey)

### Tiempo de emergencia de las pupas de *Hermetia illucens*.

En la figura 26 se puede observar el porcentaje acumulado de la cantidad de ejemplares de *H. illucens* que han emergido de la fase de pupa según el número de días que han tardado en el

proceso. En los días 34 y 35 es donde encontramos la mediana de emergencia de pupa a adulto de la *H. illucens*. El máximo de días en completar la fase de pupa a adulto que observamos en nuestro estudio fue de 119 y el mínimo de cinco días.

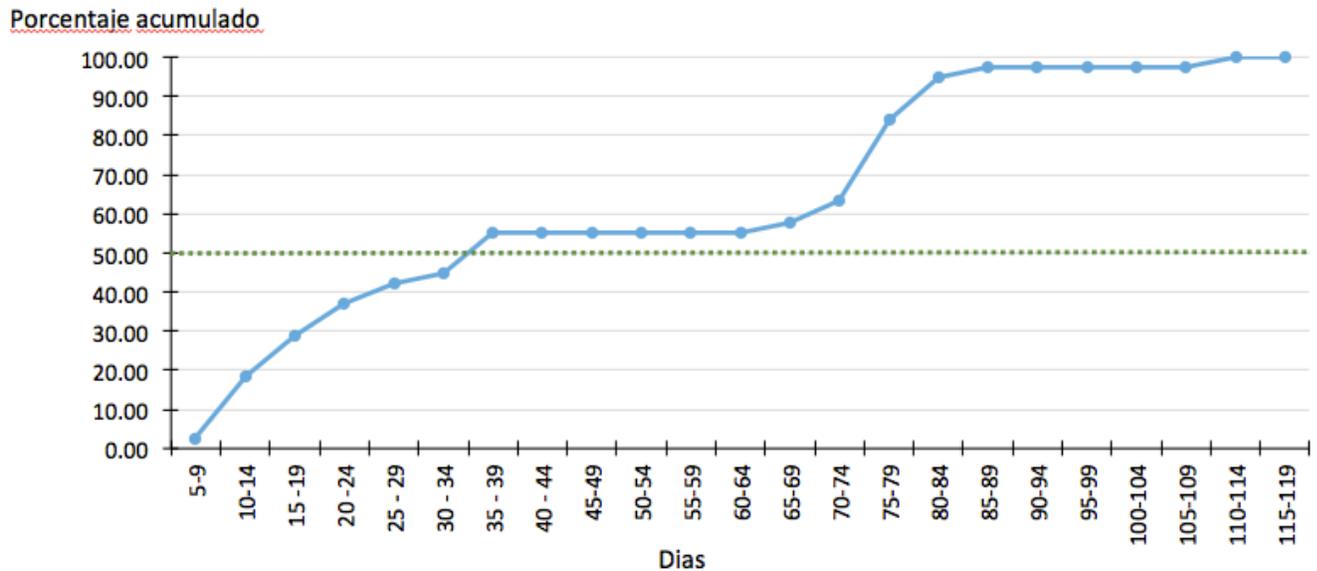


Figura 25. Días de emergencia de pupas a adulto de *H. illucens*.

### Humedad relativa de los montículos y localización

En la Tabla 7 podemos observar la media del porcentaje de humedad por montículo y localización. Al comparar el porcentaje de humedad general por montículo no encontramos ninguna diferencia estadísticamente significativa ( $p > 0.05$ ). La Figura 27 presenta la mediana, percentil 25 y 75 de la Humedad Relativa por localización agrupando los cinco montículos.

Tabla 7 Porcentaje medio de humedad por montículo y localización

Localización	Montículo				
	1	2	3	4	5
<b>Exterior</b>					
Superior	74.13	69.97	49.27	63.56	67.28
Media	43.25	40.69	31.56	45.90	62.08
Inferior	28.77	28.79	18.63	21.00	25.48
<b>Interior</b>					
Superior	74.61	65.45	48.28	67.35	62.09
Media	73.67	56.74	49.09	62.73	57.83
Inferior	64.48	59.45	60.93	66.42	62.57
<b>Montículo general</b>	59.81 (EE=7.9) 95% LC: 39.49 , 80.14	53.51 (EE=6.4) 95% LC: 37.02 , 70.00	42.96 (EE=6.2) 95% LC: 27.04 , 58.87	54.49 (EE=7.4) 95% LC: 35.41 , 73.57	56.22 (EE=6.2) 95% LC: 40.10 , 72.33

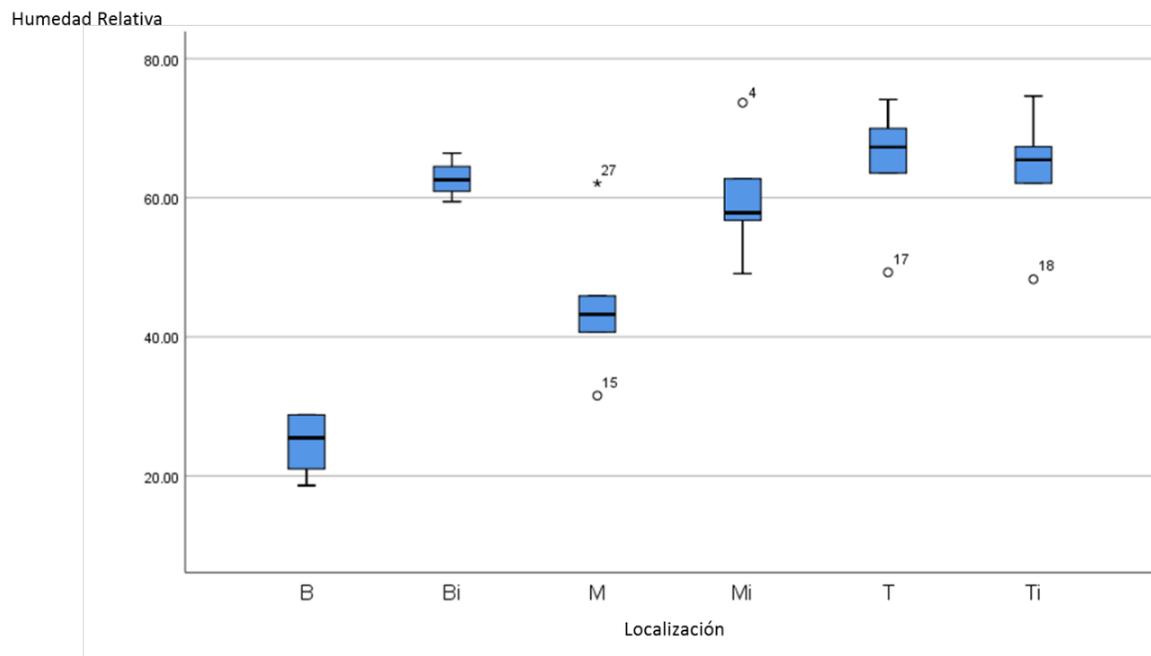


Figura 26. Humedad relativa por localización.

En la Tabla 7 observamos los valores de la media, error estándar e intervalo de confianza de la media al 95% por localización. El valor menor por localización lo encontramos en la parte exterior inferior con un 24.53% de Humedad Relativa, el valor más alto fue en la localización externa superior con un 64.84% de Humedad Relativa. Las localizaciones que presentan diferencias estadísticamente significativas las encontramos en la Tabla 8.

Tabla 8 Cantidad media del material húmedo por localización (N=5)

Localización	$\bar{X}$ % Humedad	E.E.	95% IC	P < 0.05 con localización
Inferior (I)	24.53	2.05	18.8 , 30.2	II, M, MI, S, SI
Interior Inferior(II)	62.77	1.23	59.3 , 66.2	I, M
Medio (M)	44.69	4.97	30.8 , 58.4	I, II, MI, S, SI
Interior Medio (MI)	60.01	4.05	48.7 , 71.2	I, M
Superficie (S)	64.84	4.25	53.2 , 76.6	I, M
Superior Interna (SI)	63.55	4.33	51.5 , 75.5	I, M
Total	53.4	3.0	47.1 , 59.6	

## DISCUSION

### Insectos capturados

La captura e identificación de los insectos en los montículos de gallinaza se realizó para obtener información y conocimiento de los organismos que conviven con la mosca soldado negra. Algunos de los insectos recolectados: *H. illucens*, *Thrichoplia sp*, sirfidos, *Fannia sp*, *M. domestica*, y *B. incerta* han sido reportados en las cercanías de materia orgánica en descomposición. Se encontraron resultados variados ya que la mosca soldado negra fue la que en más abundancia estaba presente y la *B. incerta* la menos presente. El segundo insecto con mayor cantidad fue la *M. domestica*, ya que este, al ser descomponedor de materia orgánica, va a estar presente en grandes cantidades en la gallinaza. Como fue observado anteriormente por Wolcott (1948) y por Medina-Gaud (2006), la mosca común (*M. domestica* L.) es la mosca sinantrópica más abundante.

En el lugar de estudio solamente se capturó *H. illucens* y no *H. albitarsis*. Esto es debido a que *H. albitarsis* se encuentran más en la costas y cerca de materia vegetal en descomposición, mientras que *H. illucens* se encuentra distribuida por todo Puerto Rico.

Por otra parte, la *Drosophila sp* (Figura 28 y 29) no ha sido reportada en zonas con materia orgánica en descomposición. Para Yang et al (2008) la ovoposición de la *Drosophila* es un proceso de toma de decisiones. Según Mansourian et al (2016) en un estudio realizado en

Suráfrica para evaluar la ovoposición de la *D. melanogaster* en excreta de carnívoros y de herbívoros, encontraron que la *Drosophila* evita la excreta de animales carnívoros, debido a que emiten fenol producido por bacterias patógenas que se encuentra en altas tasas en ella. Stensmyr et al. (2012) hallaron que al *Drosophila sp* reconoce el olor de bacterias patógenas (Geosmin) que se encuentran en comida contaminada y esto hace que la evite. Kurz et. al (2017) encontraron que la ovoposición de la *Drosophila sp* disminuye cuando ésta es infectada por bacterias, a su vez demostraron que hay un cambio en el comportamiento de ovoposición (reducción) al activarse la respuesta antibacteriana en la *Drosophila sp* por medio del peptoglicano.



Figura 28. Vista lateral de la *Drosophila sp.* sin describir (Foto: Hariette Pérez)



Figura 29. Vista de la cabeza de la *Drosophila* sp. sin describir (Foto: Hariette Pérez).

En los meses de abril y mayo de 2005, Retamales et al. (2011) evaluó en la gallinaza de varias granjas en la Región de Valparaíso en Chile la presencia de insectos. Para ello estableció tres áreas de estudio: dos cerca de las líneas de alimentación y una cerca de la línea de bebida. El 74.6% de los insectos eran Coleópteros, principalmente Histeridae y Tenebrionidae, siendo el insecto más abundante el escarabajo *Alphitobius diaperinus*. También se encontraron *Fannia* sp y *Carcinops pumilio*, siendo este último un depredador de la *M. domestica* y *Fannia* sp. Retamales et al. (2011) encontraron muestras de Tenebrionidae y *Fannia* sp en las áreas húmedas donde se encontró principalmente la *A. diaperinus*, esto podría ser debido a que la *A. diaperinus* depreda los huevos de la *Carcinops pumilio*, convirtiéndose en un control natural de esta última. Ellos destacan la importancia de la *A. diaperinus*, la *Carcinops pumilio* y los *Fannia* sp como transmisores de patógenos. La *A. diaperinus* podría ser un vector mecánico entre otros del *Newcastle virus*, *Salmonella* sp, *Escherichia coli*, *Clostridium perfringers*, *Aspergillus* y gusanos cecales; la *Salmonella enteritidis* y el *Campylobacter* sp podrían ser transportados por la *Carcinops pumilio* y la *Dermatobia hominis* (que puede causar miasis en hombres y animales)

por la *Fannia* sp. Retamales et al. no encontraron representación de la *H. illucens* en su estudio, lo que corrobora la distribución geográfica de Wang (2017). El estudio de Retamales et al., aporta la importancia de los depredadores que crecen en la gallinaza y los insectos que pueden ser vectores mecánicos de enfermedades. En este estudio se encontramos la *Fannia* sp y la *M. domestica* como vectores mecánicos.

La mejor forma de recolectar diferentes tipos de especies de insectos es utilizando las trampas pasivas. Esto permite establecer la temporalidad de cuando los insectos son capturados y la distribución o área geográfica donde se encuentran (Darling et al 1988). Hay diferentes tipos de trampas y cada una tiene un objetivo y una efectividad diferente en la captura de los diferentes tipos de insectos.

En nuestro estudio la utilización de trampas para la captura de insectos fue variada dependiendo para la función que se llevara a cabo. En un estudio realizado en Malasia por Idris et. al. (2001) en el que se capturaron ejemplares de Ichneumonidae, se recomendó el uso de los diferentes tipos de trampas para poder realizar una mejor captura de las diferentes especies. Para su estudio usó la Trampa de Malaise, la Trampa de Möericke y una red de barrido. Shweta et al (2018) realizó un estudio en un jardín de Mayanad (India) comparando la eficiencia de la Trampa de Malaise, la Trampa de Möericke y la red de barrido en la captura de parásitos Hymenoptera, encontrando en el estudio que la red de barrido y la Trampa de Möericke fueron más eficientes en relación a la cantidad de ejemplares capturados, siendo la tasa de captura para la Trampa Möericke de 0.353, y para la red de barrido y la Trampa de

Malaise de 0.350 y 0.296 respectivamente. Por otro lado, la Trampa de Malaise fue más eficiente en cuanto al aspecto cualitativo de las especies, por lo que Shweta et al entre sus conclusiones especifican la importancia del uso de diferentes tipos de trampas.

Mazón et al (2008) evaluó la efectividad de la Trampa de Malasia y la Trampa de Möericke en la captura de Ichneumonidae en el Parque Nacional de Cabañeros, localizado en el centro de España. Concluyeron que la Trampa de Malaise era más efectiva en la captura de insectos pues los insectos cercanos al suelo tenían la misma probabilidad de ser capturados que los que se encontraban a nivel de suelo. Por otro lado, recomendaron que se utilicen diferentes tipos de trampa para evitar el sesgo que puede ser producido por especies raras.

Las trampas de caída se utilizaron para la captura de insectos terrestres. Estas se dividieron en tres cada una con un contenido diferente: 1) agua + jabón; 2) refrigerante de coche; 3) agua + formaldehído. Los datos de esta trampa no se utilizaron ya que el único insecto que capturado fueron cucarachas, siendo la más abundante *Periplaneta americana*. Esto concuerda con los resultados de Hagenbuch et al., 1988, ya que él menciona que esta cucaracha se encuentra en abundancia en lugares con escombros, comida y agua.

La captura de insectos aéreos se llevó a cabo con la utilización de cuatros tipos de trampas, estas son: trampas de pega, trampa de Möericke, trampas de malaise con y sin cebo y trampa de luz ultravioleta.

Las trampas de pega fueron colocadas al azar en los predios del estudio a una altura de 5 pies de la superficie del predio. La *M. domestica* fue el insecto con mayor captura obteniendo resultados similares al experimento que llevó a cabo Hogsette et al., 1993, ya que vuelan cerca del techo excepto cuando descienden para colocar los huevos y alimentarse. El segundo insecto con mayor número fue la familia de parasitoides llamadas *Trichopria*. La mosca soldado negra fue de los menores insectos que se capturaron, ya que estos tienden a volar cerca de la materia orgánica, teniendo como resultado un menor número en la captura de estos.

La trampa de Möericke se utilizó para atraer a *H. illucens* y a *M. domestica*. Esta se dividió en dos trampas siendo una pintada de color amarillo y la otra transparente. El color amarillo de la trampa se debe a que este color atrae a diferentes insectos, por otro lado, este tipo de trampa es utilizado para que con ella se pueden capturar especies de insectos para los que la Trampa Malaise no es muy efectiva (Noyes, 1982). Al comparar los datos obtenidos mediante la utilización de un ANOVA se concluyó que no se encontró una diferencia significativa en la eficacia de captura de ejemplares para los dos tipos de trampa, la pintada de color amarillo y la que era transparente.

Vrdoljak et al. (2012) en un estudio realizado con Trampas Möericke con 63 combinaciones de los colores rojo, naranja, amarillo, azul, violeta y blanco para evaluar la captura de insectos que visitan flores. Encontraron que las trampas que incluían los colores amarillo y blanco fueron las más eficientes. Sin embargo, recomiendan el uso de otros colores

como el violeta o el rojo para poder capturar especies que no son capturadas por las trampas con colores amarillo y blanco.

Según Pujade (1996), la trampa de Malaise teniendo presente la cantidad de ejemplares capturados, es de las más efectivas. Sin embargo, una de las limitaciones que tiene es que es selectiva en las especies capturadas, debido a que principalmente captura dípteros. La Trampa también ha sido modificada en su diseño para capturar Chalcidoidea sp. Hay dos ventajas en el uso de la Trampa Malaise. En primer lugar, esta puede ser revisada una vez a la semana, lo que maximiza el tiempo de trabajo y puede ser revisada por una persona que no sea experta en entomología (Noyes, 1982). La Trampa de Malaise la utilizamos con y sin cebo. Las hipótesis proponían que la Trampa de Malasia con cebo era más eficaz en la captura de *H. illucens* y una segunda hipótesis en la que se establecía que la Trampa de Malaise con cebo era más eficiente en la captura de machos de la *H. illucens*. Las dos hipótesis fueron rechazadas pues los valores de  $p$  fueron 0.19 y 0.78 respectivamente.

En la captura de la *H. illucens*, la Trampa de Möericke y la Trampa de Malaise presentaron la misma efectividad ( $p=0.093$ ), aun cuando con la Trampa de Möericke se capturaron más ejemplares y la tasa de ejemplares por muestra fue mayor. En la literatura científica no hemos encontrado algún estudio cuyo objetivo fuera comparar la efectividad de estos dos tipos de trampa en la captura de la *H. illucens*.

La trampa de luz ultravioleta demostró ser una buena manera para capturar insectos que no eran parte del estudio ya que no se encuentran en las cercanías de los montículos. Entre ellos se encontraron Cerambycidae, Ichneumonidae y alevillas. Wilkaniec et al (2012) realizaron un estudio en la ciudad de Poznan (Polonia) con el objetivo principal de evaluar la efectividad de la Trampa Möericke y la Trampa de Luz en la captura de Hemiptera: Sternorrhyncha: Aphidinea. Encontraron que con la Trampa de Luz capturaban más especies y más cantidad de ejemplares de estas especies que con la Trampa Möericke.

### **Enemigos naturales**

Entre los artrópodos podemos encontrar depredadores y parasitoides. El artrópodo depredador es aquel que necesita nutrirse de varias presas para completar su ciclo biológico, no importa que sean todas de una misma o diferente especie, el parasitoide con un único huésped completa su ciclo biológico (en la fase preimaginal mata al huésped). En este estudio se encontraron artrópodos depredadores como la familia de sírfidos (Díptero). Estos se parecen a las avispas o abejas y en esta familia hay especies depredadoras. Las larvas se nutren principalmente de pulgones mientras que los adultos consumen néctar.

Los insectos *Trichopria sp* y *B. incerta* son considerados un tipo de avispias parasitoides de dípteros ciclorrafos. Los ciclorrafos son dípteros sinantrópicos y dependiendo de la especie varía el grado de esta. Otras características que influyen en la sinantropía son el clima, área geográfica y la distribución urbana. Los ciclorrafos parasitan a los humanos y animales

produciendo en estos miasis (Costamagna et al 2007; Gómez de las Heras et al, 2014). Ambos han sido reportados en zonas donde se encuentran dípteros, siendo *Trichopria sp* los más abundantes con un total de 53 especímenes recolectados.

### **Distribución poblacional de larvas de *H. illucens* y *M. domestica***

La distribución poblacional de las larvas de *H. illucens* y *M. domestica* en los montículos va a depender de la ubicación de estas. En los datos no se utilizaron las semanas 1 a la 9 debido a que no se había empezado a recolectar en el interior del montículo. Se utilizaron los datos recopilados desde la semana 10 hasta la 34. Se encontró que, en la parte superior del montículo, al ser mucho más fresca, contiene un mayor nivel de acumulación de agua formando charcos. Teniendo como consecuencia una disminución en la cantidad de captura de las larvas de *H. illucens*. Lo contrario sucede con la *M. domestica* que se encontró a mayores cantidades, siendo corroborado con el estudio llevado por Cruz et al., 2004. Este estudio menciona que a mayores niveles de acumulación de agua se aprecia un mayor nivel poblacional de *M. domestica*.

La mosca soldado negra se encontró en mayor cantidad en el interior de los montículos ya que en estos se determinó que contiene un porcentaje de humedad entre 60 a 65%. Estos resultados fueron reportados por Holmes et al. (2012) mencionando que *H. illucens* prefiere porcentos de humedad entre los 60% a 65% para así poder tener un mejor desarrollo en la etapa larva y tener un mayor nivel de supervivencia. En la figura 20 se puede apreciar un pico alto en las larvas de *H. illucens* en la semana 10 esto es debido a que hubo una disminución en

la cantidad de gallinas presentes en el experimento. Esto tuvo como consecuencia que se encontraran menores cantidades de líquido en la gallinaza, permitiendo un aumento en la población de esta. Lo mismo se puede apreciar en la figura 21. A partir de la semana 32 se ve un aumento en la población de las larvas de *M. domestica*, debido a que se inundó el área de estudio. Teniendo como resultado la presencia de más zonas con charcos presentes, permitiendo un aumento poblacional de la mosca domestica. Los diferentes instars larvales se encuentran distribuidos a través de todas las localizaciones del montículo, siendo la localización Inferior Interior en donde los instars 1 -3 estaban en mayores cantidades y en el inferior los instars 4 – 6.

Achiano et al (2005) evaluaron la cría de Díptera en la gallinaza de dos granjas de pollos (Granja Rosendal y granja de la Universidad) localizadas en el área oeste de la Provincia del Cabo en Suráfrica entre los meses de noviembre de 1999 y noviembre del 2000. La humedad de la gallinaza fluctuó entre el 47.6% y el 78.4% en una de las granjas y en la otra entre el 55.6% y el 92.2%. En la granja Rosendal, con una humedad por debajo del 65% y por encima del 80%, muy pocas larvas de *M. domestica* fueron recolectadas. En la granja de la Universidad estos valores fueron ninguna por debajo del 55% de humedad y muy pocas por encima del 80%, por otro lado las larvas de *F. canicularis* se encontraron entre un 70% y 80% en las dos granjas en estudio. En la granja Rosendal el mayor número de larvas de *M. domestica* fueron recolectadas en los meses de verano, mientras que el pico de la *F. canicularis* fue al inicio del invierno. En la Granja de la Universidad no encontró ningún pico debido a un exceso de agua en la gallinaza

que provocó que la humedad fuera mayor del 80%. Por último Achiano et al. concluyeron en su estudio que el nivel óptimo de humedad para la *M. domestica* fue por encima del 70%.

Entre enero de 1985 y diciembre de 1988, Bruno et al (1993), estudiaron las poblaciones de las larvas de mosca y sus depredadores en la gallinaza de granjas de pollo del Estado de Sao Paulo (Brasil). Al igual que en nuestro estudio, ellos encontraron *M. domestica*, *H. illucens*, *Fanniidae* y *Syrphidae*. Sin embargo, a diferencia de nuestros hallazgos, capturaron *Calliphoridae* y no hallaron *Trichopria sp.* y *B. incerta*. Las larvas capturadas por Bruno et al. observó un mayor riesgo de mortalidad cuando la humedad caía por debajo de un 30%, considerando los niveles óptimos en un intervalo entre 55% - 80%. Para la *M. domestica* el nivel óptimo de humedad fue de entre 55% a 57% y para la *H. illucens* entre 75% a 80%.

Los depredadores principales encontrados fueron *Histeridae*, *Staphylinidae* e *Hydrophilidae*, encontrándose mayormente en niveles de humedad por encima del 75%. Para la *H. illucens*, Bruno encontró niveles de humedad más elevados que en nuestro estudio y que el de Holmes (2012). Sin embargo, en nuestro estudio encontramos que a niveles de humedad de entre 58% a 65% se capturó un mayor número de *M. domestica*, mientras que en el estudio de Bruno et al. el intervalo con mayor captura fue entre 55% a 57%. Por otro lado, Fatchurochim et al. (1988) en un experimento realizado en polleras en Raleigh (Carolina del Norte, EEUU) evaluó las colonias de varios insectos que se habían establecido de forma natural en la gallinaza. Sin embargo, la especie *H. illucens* tuvo que ser introducida de forma artificial en el experimento.

El estudio tuvo una duración de tres meses y la temperatura se mantuvo a  $26 \pm 1^{\circ}$  C. Se utilizaron seis niveles de humedad (40%, 50%, 60%, 70%, 80% y 90%) para estudiar la oviposición y ocho niveles (20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80% y 90%) para el estudio del desarrollo larval. La *M. domestica* depositó el 76% de los huevos en gallinaza con una humedad de un 70% al igual que la *Fannia femoralis* que depositaba el 51% de los huevos también a esa misma humedad. A niveles de humedad de un 20%, 80% y 90% no hubo desarrollo de ninguna de las especies estudiadas y a un 30% la *H. illucens* y la *Fannia canicularis* tuvieron algún desarrollo. El tamaño de la *M. domestica* fue bajo al nivel de un 40% de humedad y fue prácticamente igual a un 50%, 60% y 70% de humedad.

En nuestro estudio no medimos el desarrollo de la *M. domestica* ni de la *H. illucens*, sin embargo, el menor número de *M. domestica* lo encontramos a un nivel de humedad < 45% . Siendo cantidades parecidas a las encontradas a niveles de 55% a 75% de humedad similar a Fatchurochim et al. Por otro lado un número similar de *H. illucens* lo encontramos a una humedad de entre 45% a 65%. Fatchurochim et al. encontraron que la mayor producción de *H. illucens* fue entre los niveles de humedad de 40% a 60%, similar a los encontrados por nosotros.

Heussier et al (2018) realizaron un experimento con diferentes tipos de luz para evaluar, primero los periodos de pre-ovoposición, ovoposición y número de huevos por hembra, y en segundo lugar la vida media de los machos y hembras de la *H. illucens*. En el estudio utilizaron tres tipos de luz: uno de los tipos era paneles de LED rodeando cuatro cajas unidas en forma de

cuadrado (al igual que con los otros tipos de luz), otro tipo de luz eran dos lámparas fluorescentes en paralelo y cada una daba luz a dos cajas y el tercer tipo de lámpara era una halógena; las lámparas estaban encendidas 16 horas y apagadas 8 horas al día. Las características ambientales fueron 27°C de Temperatura y una humedad relativa de 60%. El experimento duró 15 días y se repitió tres veces en el verano del 2015.

Para el tipo de luz LED y fluorescente se pusieron 40 hembras y 40 machos en las cajas, para la luz de halógeno se pusieron 30 machos y 30 hembras. Según Tomberlin et al (2002) el ambiente inmediato, como es el espacio y la luz afecta el comportamiento del apareamiento de la *H. illucens*. Teniendo presente los tres tipos de luz, el pico de oviposición en el estudio de Heussier fue de entre cuatro a ocho días, mientras que con luz natural Zhang et al. (2010) encontró un pico pasados los 17 días y Tomberlin et al. (2002) a los cuatro días. La vida media de la *H. illucens* fue más corta utilizando la luz halógena, debido posiblemente a la mayor emisión de calor. En nuestro estudio la gallinaza estuvo localizada en la luz natural, por tal motivo el tipo de luz pudo afectar a la *H. illucens* en la oviposición, el número de adultos y la vida media de los mismos, siendo menor en estos aspectos.

Otro factor que puede afectar la atracción de las hembras de *H. Illucens* para depositar los huevos, es el sustrato existente. Sripontan et al. (2017) realizó un experimento en Tailandia utilizando diferentes sustratos (desechos de fruta, de alimentos, gallinaza, excrementos de cerdo y lácteos) encontrando una mayor probabilidad de depositar huevos en los desechos de fruta y con una luz estable. Según estos resultados, utilizar gallinaza disminuye

la probabilidad del depósito de huevos por la hembra de la *H. illucens* y el utilizar la luz solar que no es constante también afectaría la ovoposición. Teniendo como resultado una disminución en la cantidad de pupas y moscas adultas de *H. illucens*; en el proyecto que nosotros realizamos la luz fue natural.

En otro estudio realizado por Nyakeri et al (2017) evaluando varios sustratos (mezcla de frutas: pina, plátano, melón y aguacate; esencia dulce, pescado, posos de té y excremento de vaca) obtuvieron que la mayor probabilidad de ovoposición fue con el sustrato de excremento de vaca, seguido de los posos de té, siendo la esencia dulce la que menos atrajo a las hembras para la ovoposición. Al contrario que Sripontan et al. las frutas no produjeron ningún patrón especial. La razón que ofrece Nyakeri et al es que el olor y la humedad del excremento de vaca atrae más a la hembra de la *H. illucens*, a su vez las diferencias genéticas entre las *H. illucens* según su hábitat geográfico puede también ser responsable de la diferente atracción que producen los sustratos al igual que el haber sido inducidos previamente con ciertos sustratos, por estos factores los estudios encuentran resultados en algunas ocasiones diferentes. En nuestro estudio solo fue utilizada la gallinaza como sustrato, por tal motivo no podemos comparar si la gallinaza en nuestro caso fue mejor sustrato que otro, por ejemplo frutas, para la ovoposición, crecimiento de las larvas, o número de ejemplares adultos que emergen de las pupas.

## Importancia de *H. illucens* en la industria avícola

La introducción de *H. illucens* en el control de la gallinaza es un método sustentable para combatir los problemas causados por esta. Las emisiones volátiles causadas por la descomposición del material orgánico es uno de los grandes problemas en la industria avícola (Beskin et al., 2018). La eficiencia de *H. illucens* en la disminución de gallinaza ha sido estudiado anteriormente, reportando una disminución de 42% de la materia húmeda en la gallinaza y un 50% en la cantidad total de esta (Sheppard, 1983., Sheppard et al.,1994; Newton et al., 2005). Al disminuir la cantidad total de la gallinaza se obtiene una disminución en los nutrientes que están en exceso y que causan el mal olor, como por ejemplo el nitrógeno (Newton et al., 2005). Este nutriente fue reducido un 62% al usar *H. illucens* para el control de los desechos producidos (Sheppard, 1983).

Otro beneficio de *H. illucens* es el de poder disminuir la cantidad de bacterias gram negativas patogénicas tales como *E. coli*, *S. faecalis* y *Salmonella sp* (Kibbey et al., 1978; Tate., 1978; Erickson et al., 2004; Newton et al., 2005; Liu et al., 2008; Lalander et al., 2013). Esto se logra debido a que *H. illucens* disminuye el porcentaje de materia húmeda en la gallinaza, creando un ambiente no adecuado para el crecimiento de estas bacterias.

Adicional se ha encontrado una disminución en la población de *M. domestica* en la presencia de *H. illucens* (Sheppard, 1983). Bradley et al (1984) evaluaron como la ovoposición de la *M. domestica* se afecta por la presencia de la *H. illucens*. En el estudio utilizaron *M.*

*domestica* recolectada en la naturaleza y otra *M. domestica* criada en el laboratorio, de tal forma que las dos diferían desde el punto de vista genético. Utilizaron un contenedor con gallinaza y larvas de *H. illucens* y otro sin larvas y gallinaza como sustrato también. Como resultado del estudio encontraron que alrededor de un 60% de reducción en la ovoposición de la *M. domestica* se presentaba cuando había presencia de larvas de *H. illucens* en una alta densidad. Por otro lado, encontraron una diferencia entre la *M. domestica* capturada en la naturaleza y la de laboratorio, la primera dejaba de depositar huevos en la gallinaza pocas horas después de encontrarse en ella si había una alta densidad de *H. illucens*. El que la *H. illucens* llevara en la gallinaza entre 4 a 5 días no producía una disminución de la ovoposición de la de la *M. domestica*, y posiblemente hay un componente hormonal en este proceso. Furman et al (1959) también encontró menor cantidad de *M. domestica* en gallinaza en la que había una abundancia de *H. illucens*.

En nuestro estudio, aunque no encontramos una asociación lineal estadísticamente significativa entre la cantidad de larvas de *H. illucens* y *M. domestica* recolectadas, sí se encontró una relación positiva en el interior inferior ( $r=0.19$ ), interior medio ( $r=0.45$ ) y en el interior superior ( $r=0.52$ ), dando a entender que a mayor cantidad de larvas de *H. illucens* menores la presencia de larvas de *M. domestica*. En relación con el exterior del montículo, se encontró una relación negativa en la superficie inferior ( $r=-0.047$ ), superficie media ( $r=-0.006$ ) y en la superficie superior ( $r=-0.020$ ), concluyendo que aun mayor nivel de larvas de *M. domestica* presente, menor fue la cantidad de larvas de *H. illucens*.

## **Limitaciones**

Entre las limitaciones del estudio encontramos las siguientes, primero la no existencia de una trampa específica para la captura de la *H. illucens*. Aun cuando, tal y como hemos observado en los capítulos de Métodos y Discusión, hay variedad de trampas para la captura de insectos no todas tienen la misma efectividad cuando hablamos de una especie en concreto, como en nuestro caso la *H. illucens*. En segundo lugar, las nueve primeras semanas del estudio con relación a la captura de larvas de *H. illucens* no se muestreó la parte media del interior de los montículos. Por lo tanto, la información útil para el estudio fue de 25 semanas y no de 34 semanas. Una tercera limitación, fue que no se recogieron registros de temperatura, siendo esta una variable que influye en la evaluación de la ovoposición y crecimiento de la *H. illucens*.

## **Fortalezas**

La principal fortaleza del estudio es que los resultados hallados en el mismo representan el mundo real (*real world*). No fue un estudio experimental en el que se controlan las variables de estudio, en el nuestro evaluamos lo que en una situación normal encontraríamos, lo que hace que nuestro estudio adquiera una gran importancia, no solo por ser, hasta donde tenemos conocimiento, el primer estudio en Puerto Rico de este tipo.

Otra de las fortalezas es la validez interna del estudio, la cual es robusta y nos permite generalizar los resultados, por tal motivo en áreas similares a la nuestra, los datos pueden ser aplicados.

## CONCLUSIONES

Las conclusiones principales del estudio son las siguientes:

1. El factor de la humedad influye en la cantidad de población de larvas de la *H. illucens* fue encontrada en el área inferior interior siendo la de mayor cantidad, mientras que la menor población fue en el exterior.
2. Las larvas de *Musca domestica* están en mayor cantidad en la superficie exterior de los montículos de gallinaza, debido al alto nivel de humedad presente que forma charcos con los líquidos del excremento fresco.
3. Los instar larvales de *H. illucens* del 1 al 3 se encuentran a mayores cantidades en el interior de los montículos, mientras los instars larvales 4 al 6 en el exterior del montículo.
4. Debido al factor de la humedad las emergencias de adultos de *H. illucens* alcanzó el 50% a los 35 días.
5. Un factor ambiental que afecta la cantidad de las larvas es la humedad, encontrándose un mayor número de larvas de *M. domestica* en la materia con mayor porcentaje de humedad.

6. La especie de *H. albitarsis* no fue capturada en las cercanía de las polleras debido a que esta prefiere zona costeras.

## RECOMENDACIONES

Las recomendaciones que realizamos para futuros estudios son las siguientes: primero, evaluar la efectividad de las diferentes trampas utilizadas en la captura de la *Hermetia illucens*; segundo, a partir de estudios como el nuestro desarrollar trampas más efectivas en proyectos que contemplen el mundo real; tercero, recoger información sobre los métodos de control de los insectos en las granjas de pollos para poder determinar si la frecuencia y distribución de la *Hermetia illucens* se afectan; por último, replicar el estudio en otras granjas de pollos en las que la dieta ofrecida a las gallinas sea diferente que la que la que consumían en la granja de nuestro estudio, para esta forma al evaluar la gallinaza poder determinar si la *Hermetia illucens* se encuentra en menor, igual o mayor frecuencia que en nuestro estudio.

## REFERENCIAS

Achiano, K. A. y J. H. Giliomee, (2005). Diptera breeding in poultry manure and the abiotic factors affecting their numbers. *African Entomol.* 13: 239–248.

Aguilar-Fachin D. y C. Vieira de Assis-Pujol, (2016). Family Stratiomyidae. *Zootaxa.* 4122 (1): 312–341. <http://dx.doi.org/10.11646/zootaxa.4122.1.26>

Alvares, L., (2012). The role of black soldier fly, *Hermetia illucens* (L) (Diptera: Stratiomyidae) in sustainable waste management in northern climates. University of Windsor. 402 pp. *Electronic Theses and Dissertations.*

Arguelles, M, A. Segarra y S. Mathanker, (2015). Use of *Hermetia illucens* as a source of protein in poultry feed. A proposal for Hatch funding. Univ. of Puerto Rico. Agricultural Experiment Station. Mayaguez. 25 pp.

Arogo, J. y E. Collins, (2009). Storing and handling poultry litter. *Virginia Cooperative Extension.* Publicación 442-054. Virginia Cooperative Extension. Virginia Tech, y Virginia State University.

Arogo, J., (2010). Manure Management and Environmental Stewardship. Publicación 442-309. Virginia Cooperative Extension. Virginia Tech, y Virginia State University.

Barros-Cordeiro K .B., S .N. Bão, y J. R. Pujol-Luz, (2014). Intra-puparial development of the black soldier-fly, *Hermetia illucens*. *Journal of Insect Science* 14(83): 1-10.

Beskin, K. V., C. D. Holcomb, J. A. Cammack, T. L. Crippen, A. H. Knap, S. T. Sweet, y J. K. Tomberlin, (2018). Larval digestión of different manure types by the black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) impacts associated volatile emissions. *Waste Management.* 74:213-220.

Bradley, S. W., D. D., Booth, D. D., y D. C. Sheppard, (1984). Parasitism of the black soldier fly by *Trichopria* sp (Hymenoptera: Diapriidae) in Poultry Houses. *Environ. Entomol.* 13: 451-454.

Brown, E. V., A. Borkent,, J. M. Cumming, D. M. Wood, N. E. Woodley y M.A. Zumbado, (2009). Family Stratiomyidae. In: Manual of Central American Diptera: Vol. 1: 521-523.

Bruno, T. V. J. H. Guimarães Santos, A. Mingozi Martins y E. C. Tucci, (1993) Moscas sinantrópicas (Diptera) e seus predadores que se criam em esterco de aves poedeiras confinadas, no Estado de São Paulo, Brasil . *Rev. Bras. Entomol.* 37: 577-590.

Bueno Marí, R. y R. Jiménez-Peydró, (2011). Differences in mosquito (Diptera: Culicidae) biodiversity across varying climates and land-use categories in Eastern Spain. *Entomol. Fennica.* 22: 190–198.

Bullido Gómez de las Heras, E., M. Santillán Sánchez, A. Villoria López, M. Muñoz y M. Sánchez, (2014). Otorragia en una paciente pediátrica atendida de urgencias. *Sanid. mil.* 70 (4): 307-308

Burks B. D., (1960). A revision of the genus *Brachymeria* Westwood in America North of Mexico (Hymenoptera: Chalcididae). *Trans. Amer. Entomol. Soc.* 86: 225-273.

Calderon-Arguedes, O., J. M. Barranta y M. E. Solano, (2005). Miasis entérica por *Hermetia illucens* (Diptera:Stratiomyidae) en una paciente geriátrica de Costa Rica. *Parasitología Latinoamericana.* 60(3-4):162-164.

Chastain, J. P., J. J. Camberato y P. Skewes, (1999). Poultry manure production and nutrient content. South Carolina Confined Animal Manure Managers Certification Program. Chapter 3b. Clemson University, SC. pp. 3-17.

Chiba, L., (2014). Poultry nutrition and feeding. *Animal Nutrition Handbook.* 12: 410-425.

Chisoro, P., (2015). Alternative protein sources for poultry feed. *All about Feed.* <https://www.allaboutfeed.net/New-Proteins/Articles/2015/10/Alternative-protein-sources-for-poultry-feeds-2700585W/>.

Close, R., (1959). Sticky traps for winged aphids. *New Zeland F. Agric. Res.* 2:375-379.

Coquillet, D.W., (1900). Report on a collection of dipterous insects from Puerto Rico. (1900) *Proc. U. S. Natl. Mus.* 22(1198):249-270.

Costamagna S. R., E. C. Visciarelli, L. D. Lucchi, N. E. Basabe, M. P. Esteban, y A. Oliva, (2007). Aportes al conocimiento de los dípteros ciclorrafos en el área urbana de Bahía Blanca (provincia de Buenos Aires), Argentina. *Rev. Mus. Argentino Cienc. Nat., n.s.* 9(1): 1-4.

Cruz, C., I. Vitela, M. Ramos y Z. García, (2004). Influence of temperature, humidity, and rainfall on field population trends of *Stomoxys calcitrans* (Diptera: Muscidae) in a semiarid climate in Mexico. *Parasitol. Latinoam.* 59: 99-103.

Cuca, M ., y E. Ávila, (1978). Fuentes de energía y proteínas para la alimentación de las aves. *Ciencia veterinaria.* 2: 325-358.

Darling C. (1988) Effectiveness of Malaise traps in collecting Hymenoptera: The influence of trap design, mesh size and location. *Can. Entomol.* 120: 787-796.

De-Groot M. y P. Veenliet, (2011). *Hermetia illucens* L (Diptera, Stratiomyidae), a new alien invasive species in Slovenia. *Acta entomologica slovenica.* 19: 195-198.

Diener, S., C. Zurbrügg y K. Tokner, (2009). Conversion of organic material by black soldier fly larvae: Establishing optimal feeding rates. *Waste. Manag. Res.* 27(6):603-610.

DiClura, J. y P. Kaufman, (2018). Black soldier fly *Hermetia illucens* Linnaeus (Insecta: Diptera: Stratiomyidae). University of Florida Extension Publication EENY 461. 4 pp.

Donohue, M. y D. L. Cunningham, (2009). Effects of grain and oilseed prices on the cost of U.S. poultry production. *J. Appl. Poultry Res.* 18(2): 325-327.

Dunkley, C. S., D. L. Cunningham y G. H. Harris,. (2011). The value of poultry litter in South Georgia. *University of Georgia Extension.* Publicación 1386. 7 pp.

Erickson, M. C., M. Islam, C. Sheppard, J. Liao y M. P. Doyle, (2004). Reduction of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella enterica* serovar Enteritidis in chicken manure by larvae of the black soldier fly. *J. Food Prot.* 67: 685-690.

FAOSTAT, (2017). Crops and livestock products. *Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT Statistics Database.* Rome.

Flora, J. R. V. y C. Riahi-Nezhad, (2006). Availability of poultry manure as a potential bio-fuel feedstock for energy production. Final report. South Carolina Energy Office. Columbia, S.C. 22 pp.

Francesconi, F y O. Lupi, (2012). Myiasis. *Clin. Microbiol. Rev.* 25(1):79-105.

Fox, I y L. Galindo, (1962). Human cutaneous Myiasis due to the primary screwworm, *Callitroga hominivorax* (Coquerel) in P.R. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 11(1):96-97.

Furman, D. P., R. D. Young y E. P. Catts, (1959). *Hermetia illucens* as a factor in the natural control of *Musca domestica* Linnaeus. *J. Econ. Entomol.* 52:917-921.

Gaedke, A y D. M. da Silva Mougá, (2017). Diptera survey in human corpses in the north of the State of Santa Catarina, Brazil. *Acta Biologica Catarinense.* 4(1):42-51.

Gobbi, F. P., (2012). Biología reproductiva y caracterización morfológica de los estadios larvarios de *Hermetia illucens* (L. 1758) (Diptera: Stratiomyidae). Bases para su producción masiva en Europa. Tesis Doctoral. Centro Iberoamericano de la Biodiversidad, Instituto Universitario de Investigación, Universidad de Alicante. 155 pp.

Gobbi, P., A. Martínez-Sánchez y S. Rojos, (2013). The effect of larval diet on adult life history traits of the black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae). *Eur. J. Entomol.* 110(3):461-468

Gregg, P. C., G.P. Fitt, M. Coombs y G. S. Henderson, (1944). Migrating moths collected in tower-mounted light traps in northern New South Wales, Australia: influence of local and synoptic weather. *Bull. Entomol. Res.* 84(1):17-30.

Greenslade, P. y P. Greenslade, (1971). The use of baits and preservatives in pitfall traps. *F. Aus. Entomol. Soc.* 10:253-260.

Groot, M y P. Veenvliet, (2011). *Hermetia illucens* L. (Diptera, Stratiomyidae), a new alien invasive species in Slovenia. *Acta entomológica slovenica.* 19(2):195-198.

Hagenbuch, B. E., P. Koehler, R. Patterson y R. Brenner, (1988). Peridomestic cockroaches (Orthoptera: Blattidae) of Florida: Their species composition and suppression. *J. Med. Entomol.* 25(5):377-380.

Hale, O. M., (1973). Dried *Hermetia illucens* larvae (Stratiomyidae) as a feed additive for poultry. *J. Ga. Entomol. Soc.* 8:16-20.

Hall, D. C y R. R. Gerhardt, (2002). Medical and veterinary entomology. Academic Press. 127-161 pp.

Harvey-Clark, C., (2011) IACUC Challenges in invertebrate research. *ILAR. Journal.* 52(2): 213-220.

Hogsette, J., R. Jacobs y R. Miller, (1993). The sticky card: device for studying the distribution of adult house fly (Diptera: Muscidae) populations in closed poultry house. *J. Econ. Entomol.* 86:540-544.

Holmes, L., S. VanLaerhoven y J. K. Tomberlin, (2012). Relative humidity on the life of *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae). *Environ. Entomol.* 41(4) : 971-978.

Holmes, L., S. VanLaerhoven y J. K. Tomberlin, (2013) Substrate effects on pupation and adult emergence of *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae). *Environ. Entomol.* 42(2):370-314.

Holmes, L., S. VanLaerhoven y J. K. Tomberlin, (2016). Lower temperature threshold of black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) development. *J. Insects Food and Feed.* 2(4): 255-262.

Holopainen, J., (1992). Catch and sex ratio of Carabidae (Coleoptera) in pitfall traps filled with ethyleneglycol or water. *Pedobiologia.* 36:257-261.

Jacob, J., (2005). Common feed ingredients in poultry diets. University of Kentucky *e-Xtension.* (<http://articles.extension.org/pages/68432/common-feed-ingredients-in-poultry-diets>).

Jonason, D., M. Franzen, y T. Ranius, (2014). Surveying moths using light traps: Effects of weather and time of year. *Surveying Moths Using Light Traps: Effects of Weather and Time of Year.* *PLOS ONE* 9(3): e92453. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0092453>.

Junta de Calidad Ambiental de Puerto Rico, (2008). Reglamento para el control de los desperdicios fecales de animales de empresas pecuarias. *Junta de Calidad Ambiental. Puerto Rico.* 118 pp.

Kawaii, S. y O. Seunaga, (1960). Studies of the methods of collecting flies. III. On the effect of putrefaction of baits (fish). *Endemic. Dis. Bull. Nagasaki Univ.* 2:61-66.

Kibbey, H., C. Hagedorn, y E. McCoy, (1978). Use of fecal *Streptococci* as indicators of pollution in soil. *App. Environ. Microbiol.* 35:711-717.

Lalander, C., S. Diener, M. E. Magri, C. Zurbrugg, A. Lindstrom, y B. Vinneras, (2013). Faecal sludge management with the larvae of the black soldier fly (*Hermetia illucens*) – from a hygiene aspect. *Sci. Total Environ.* 458:312-318.

Lee, H. L, P. Chandrawathani, W. Y. Wong, S. Tharam y W. Y. Lim, (1995). A case of human enteric myiasis due to larvae of *Hermetia illucens* (family: Stratiomyidae): first report in Malaysia. *Malays. J. Pathol.* 17(2):109-111.

Leopold Kurz C., B. Charroux, D. Chaduli, A. Viallat-Lieutaud y J. Royet, (2017). Peptidoglycan sensing by octopaminergic neurons modulates *Drosophila* oviposition. *eLife* 2017;6:e21937. DOI: 10.7554/eLife.21937.

Li Z., R. Mao, D. Teng, Y. Hao, H. Chen, X. Wang, X. Wang, N. Yang y J. Wang J. Antibacterial and immunomodulatory activities of insect defensins-DLP2 and DLP4 against multidrug-resistant *Staphylococcus aureus*. *Nature. Scientific Reports* | 7: 12124 | DOI:10.1038/s41598-017-10839-4.

Liu, Q., J. K. Tomberlin, J. Brady, M. R. Sanford y Z. Yu Z. (2008) Black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) larvae reduce *Escherichia coli* in dairy manure. *Environ. Entomol.* 37(6):1525-30.

Liu X., X. Chen, H. Wang, Q. Yang, K. Rehman y W. Li, (2017). Dynamic changes of nutrient composition throughout the entire life cycle of black soldier fly. *PLoS ONE* 12(8): e0182601. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0182601>.

Luff, M., (1968). Some effects of formalin on the numbers of Coleoptera caught in pitfall traps. *Entomol. Monthly Mag.* 104:115-116.

Luff, M. (1975). Some features influencing the efficiency of pitfall traps. *Oecologia.* 19:345-357.

Mansourian S., J. Corcoran, A. Enjin, C. Lofstedt, M. Dacke y M. C. Stensmyr, (2016) .Fecal-derived phenol induces egg-laying aversion in *Drosophila*. *Current Biology.* 26:2762–2769.

Martínez, G., L. Olivieri, J. Castro, O. Muñiz y J. Guzmán, J., (1999). Phosphorus state of soils from the poultry zone in Puerto Rico. *J. Agric. Univ. P.R.*. Vol 83: 1-17.

Marshall, S. A., N. E. Woodley y M. Hauser, (2015). The historical spread of the black soldier fly, *Hermetia illucens* (L.) (Diptera, Stratiomyidae, Hermetiinae), and its establishment in Canada. *J. Entomol. Soc. Ont.* 146: 51–54.

Marzouk S., (2017). An ethological and ecological review of the real-world application of *H. illucens*. *Int. J. Life. Sciences*. 5(3): 291-296.

Maurer, V., M. Holinger, Z. Amslers, B. Früh, J. Wohfajrt, A. Stamer y F. Leiber, (2015). Replacement of soybean cake by *Hermetia illucens* meal in diets for layers. *J. Insects as Food and Feed*. 2(2): 83-90.

Medina-Gaud, S., (2006). The Muscidae (Insecta: Diptera) of Puerto Rico. University of Puerto Rico Publication. 224 pp.

Muñoz, M., O. Colberg, y J. Dumas, (1990). Chicken manure as an organic fertilizer. *J. Agric. Univ. P.R.* 74 (2): 139-144.

Muñoz, M., N. Rafols, N, y J. O'Hallorans, (2004). Yielded and yield components of papaya grown on Coto lay (Typic Eustrustox) and fertilized with chicken manure. *J. Agric. Univ. P.R.* Vol. 88 (3-2): 123-134.

NASS (2012). Census of Agriculture of Puerto Rico. National Agricultural Statistics Service. United States Department of Agriculture.

NASS (2017). Census of Agriculture of Puerto Rico. National Agricultural Statistics Service. United States Department of Agriculture.

Navarro A. y S. V. Peris, (1991) *Hermetia illucens* (Linnaeus, 1758), aclimatada en España, con un resumen de su interés económico (Diptera, Stratiomyidae). *Bol. R. Soco Esp. Dist. Nat. (Sec. Bio.)*, 87 (1-4): 239-247.

Newton, L. G., D. C. Sheppard, D. W. Watson, G. J. Burtle, C. R. Dove, J. K. Tomberlin, y E. E. Thelen, (2005). The black soldier fly, *Hermetia illucens*, as a manure management/resource recovery tool. Symposium on the State of the Science of Animal Manure and Waste Management.

Newton, L., D. W. Watson, R. Dove, G. Sheppard y G. Buntle, (2005). Using the black soldier fly, *Hermetia illucens*, as a value-added tool for the management of swine manure Animal and Poultry Waste Management Center. North Carolina State University, Raleigh, NC. Report. 18 pp.

Nguyen, D.T., V. Bouguet, T. Spranthers, D. Vangansbeke, y P. D. Clerq, (2015). Beneficial effect of supplementing an artificial diet for *Amblyseius swirskii* with *Hermetia illucens* haemolymph. *J. Appl. Entomol.* 139(5): 342-351.

Ni J-Q., y A. J. Heber, (2013). Survey of availability, application, and economic values of poultry manure for cropland in Indiana. Final Report. Agricultural and Biological Engineering Department Purdue University. West Lafayette, IN. 2 pp.

NNDS, (2018). 2018 National Notifiable Conditions. National Notifiable Diseases Surveillance System.

Noyes J. S., (1982). Collecting and preserving chalcid wasps (Hymenoptera: Chalcidoidea). *J. Nat. Hist.* 16: 315-334

Nunez K. M., R. Azanchiy K. R. Kaun, (2018). Cue-induced ethanol seeking in *Drosophila melanogaster* is dose-dependent. *Front. Physiol.* 9:438. doi: 10.3389/fphys.2018.00438.

O'Hallorans, J., M. Muñoz, M., O. Colberg, (1993). Effect of chicken manure on chemical properties of a Mollisol and tomato production. *J. Agric. Univ. P.R.* 77 (3-4):181-191.

Oliveira F. R., K. Doelle, R. P. List, y J. R. O'Reilly (2015). Assessment of Diptera: Stratiomyidae, genus *Hermetia illucens* (L., 1758) using electron microscopy. *J. Ento. Zool. Stu.* 3(5): 147-152.

Peris, F.J., (2015). Review of the genus *Aphaereta* Förster, 1863 (Hymenoptera, Braconidae, Alysiinae) from the Afrotropical region, with description of three new species. *J. Hymenop. Res.* 42:1-20.

Preusch L. P., P. R. Adler., L. J. Sikora, y T. J. Tworowski, (2002). Waste Management: Nitrogen and Phosphorus availability in composted and uncomposted poultry litter. *J. Environ. Qual.* 31: 2051-2057.

Pujade-Villar J., (1996). Resultados preliminares obtenidos a partir de una trampa Malaise situada en una zona Mediterranea Pirenaica. *Pirineos.* 147-148: 61- 80.

Qia Y., J. Xuc, X. Tiana, Y. Baic, y X. Guc, (2017). The complete mitochondrial genome of *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) DNA PART B: *RESOURCES.* 2(1):189–190 <http://dx.doi.org/10.1080/23802359.2017.1307708>.

Retamales J., F. Vivallo y J. Robeson, (2011). Insects associated with chicken manure in a breeder poultry farm of Central Chile. *Archiv. Med. Veterinar.* 43: 79-83

Ritz, C.W. y W. C. Merka, (2009). Maximizing poultry manure use through nutrient management planning. *Univ. of Georgia Extension. Bull.* 1245. 6 pp.

Roháček J. y M. Hora, (2013). A northernmost European record of the alien black soldier fly *Hermetia illucens* (Linnaeus, 1758) (Diptera: Stratiomyidae). *Acta Musei Silesiae, Scientiae Naturales.* 62(2): 101-106. DOI: 10.2478/cszma-2013-0011.).

Rozkosný D. A, (1983). A biosystematic study of the European Stratiomyidae (Diptera). Vol 2. Clitellariinae, Hermetiinae, Pachygasteriinae and Bibliography. *Series Entomologia.* 21:401 pp

Scott, H. G, (1964). Human myiasis un North America (1952-1962 inclusive). *Fla. Entomol.* 47(4):255-261.

Sheppard, C., J. K. Tomberlin, J. A. Joyce, B C. Kiser, y S. M. Sumner, (2002). Rearing methods for the black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae). *J. Med. Entomol.* 39:695-698.

Sheppard, C., (1983). House fly and lesser house fly control utilizing the Black Soldier Fly in manure management systems for caged laying hen. *Environ. Entomol.* 12: 1439-1442.

Sheppard, D. C., G. L. Newton, S. A. Thompson, y S. Savage, (1994) A value-added manure management-system using the black soldier fly. *Biores. Technol.* 50:275-279.

Smeets, M., P. Bulsing, S. van Rooden, R. Steinmann, J. de Ru, N. Ogink,, C. van Thriel y P. Dalton, (2007). Odor and irritation threshold for ammonia: A comparison between static and dynamic olfactometry. *Chemical senses.* 32: 11-20.

Southwood, T.R. E. y P. A. Henderson, (2009). *Ecological Methods.* 3<sup>o</sup> edition. Wiley-Blackwell Publishing Co. 592 pp.

Starr, D.F. y J. C. Shaw, (1944). Pyridine as an attractant for the Mexican fruit fly. *J. Econ. Entomol.* 37:760-763.

Steinfeld, H., P. Gerber y C. Opio, (2007). Poultry production and the environment. Animal production and health division, Food and Agriculture Organization of the United Nations. 27 pp.

Shweta M. y K. Rajmohana, (2018). A comparison of sweep net, yellow pan trap and malaise trap for sampling parasitic Hymenoptera in a backyard habitat in Kerala. *Entomon.* 43(1): 33-44.

Tahir, M. y G. M. Pesti, ( 2012). Comparison of ingredient usage and formula cost in poultry feeds using different amino acids digestibility databases. *J. Appl. Poultry.* 21(3): 693-705.

Tate, R. L, (1978). Cultural and environmental factors affecting the longevity of *Escherichia coli* in histosols. *Appl. Environ. Microbiol.* 35:925-929.

Tsagkarakis, A., E. Arapostathi y G. Strouvalis, (2015). First record of the black soldier fly, *Hermetia illucens*, in Greece. *Entomologia Hellenica*, 24(2): 27-30.

Taylor, R., (1986). Time series analysis of numbers of Lepidoptera caught at light traps in East Africa, and the effects of moonlight on trap efficiency. *Bull. Entomol. Res.* 76(4): 593-606.

Tomberlin, J., P. Adler y H. Myers, (2009). Development of the black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) in relation to temperature. *Environ. Entomol.* 38(3): 930-934.

Tomberlin, J. K., C. Sheppard y J. A. Joyce, (2002). Selected life history traits of black soldier flies (Diptera: Stratiomyidae) reared on three artificial diets. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 95: 379-386.

Tomberlin J., y C. Sheppard, (2002) Factors influencing mating and oviposition of black soldier flies (Diptera: Stratiomyidae) in a colony. *J. Entomol. Sci.* 37(4):345-352.

Tomberlin J.K. y D. C. Sheppard, (2001). Lekking behavior of the black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) . *Fla. Entomol.* 84(4): 729-730.

Triebig, G., (2002). Chemosensory irradiation and the setting of occupational exposure limits. *Int. Anrh. Occup. Environ. Health.* 75: 281-282.

Tripplehorn, C., and N. Johnson, (2005). Borror and DeLong's introduction to the study of insects. 7th edition, Thompson-Brooks. Ca. 719.

Von Roeder, V. (1885). Dipteren von der Insel Portorico. *Entomologische Zeitung zu Stettin.* Vol. 46 (Jahrgang): 337- 349.

Vrdoljak, S. M. y M. J. Samways, (2012). Optimizing coloured pan traps to survey flower visiting insects. *J Insect Conserv.* 16:345–354.

Wang, Y. y M. Shelomi, (2017). Review of black soldier fly (*Hermetia illucens*) as animal feed and human food. *Foods*. 6 (91). 23pp.

Wilkaniec B., R. Lewandowski y B. Borowiak-Sobkowiak, (2012) The effectiveness of catching Aphids (Hemiptera: Sternorrhyncha: Aphidinea) in Moericke and light Traps. *J. Plant Prot. Res.* 52(2): 259-263.

Woodley, N., (1989). Parhadrestiinae, a new sub-family for Parhadrestiae James and Cretaceogaster Teskey (Diptera: Stratiomyidae). *Syst. Entomol.* 11(3): 377-387.

Woodley, N., (2001). A world catalog of the Stratiomyidae (Insecta: Diptera). *North Amer. Dipterists' Soc.* Washington, D.C. 475 pp.

Woodley, N. (2009). Family Stratiomyidae. In: The Diptera of the Seychelles Islands. Ed.: J. Ehlach. Pensoft Publishing Co. pp. 100-106.

Wolcott, G. (1948). The Insects of Puerto Rico: Diptera. *J. Agric. Univ. P.R.* 32(3): 444.

Yang C. H., P. Belawat, E. Hafe, L. Y. Jan y Y. N. Jan, (2008). Drosophila egg-laying site selection as a system to study simple decision-making processes. *Science*. 319(21): 1679-1683.

Zdybicka-Barabas A., P. Bulak, C. Polakowski, A. Bieganski, A. Waśko y M. Cytryńska, (2017) Immune response in the larvae of the black soldier fly *Hermetia illucens*. *Invert. Surv. J.* 14: 9-17.

Zheng, L.Y., T. Crippen, L. Holmes, B. Singh, M. Pimsler, M. Benhow, A. Tarone, D. Dowd, Z. Yu, S. Vanlaerhoven, T. Wood y J. Tomberlin, (2013). Bacteria mediate oviposition by the black soldier fly, *Hermetia illucens* (L.), (Diptera: Stratiomyidae). *Nature. Sci. Rep.* 3, 2563: 1-8. DOI:10.1038/srep02563.

## Apendice I

### VARIABLES DE ESTUDIO

Las variables de estudio fueron:

- Número de población de insectos: variable cuantitativa. Queda definida por la cantidad de insectos. Puede ir de cero a infinito.
- Especie de insecto: variable cualitativa nominal. Queda definida por las claves de identificación y clasificación.
- Número por especie de insecto: variable cuantitativa. Queda definida por la cantidad de insectos según la especie identificada por las claves de identificación y clasificación. Puede ir de cero a infinito.
- Sexo de la mosca soldado negra: variable cualitativa nominal. Queda definido por las claves de identificación y clasificación.
- Número de población de larvas: variable cuantitativa. Queda definida por la cantidad de larvas encontradas. Puede ir de cero a infinito.
- Clasificación de la larva: la larva fue clasificada en estadio L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub>, L<sub>3</sub>, L<sub>4</sub> tanto para la *Hermetia illucens* como para la *Musca domestica* según la guías taxonómicas
- Clasificación de la prepupa y pupa: las prepupas y pupas de la *Hermetia illucens* y de la *Musca domestica* se clasificaron según la guías taxonómicas

- Número por especie de insecto: variable cuantitativa. Queda definida según las claves de identificación y clasificación. Puede ir de cero a infinito.
- Fecha de captura: variable cualitativa ordinal. Queda definida por el día, mes y año.
- Trampa: tipo de herramienta utilizado en el estudio para capturar los insectos y larvas que se encontraban en los montículos de gallinaza, la clasificamos en trampa de Möericke (dos tipos, la amarilla y la transparente), trampa de pega, trampa de Malaise (dos tipos, con cebo y sin cebo), trampa de caída y trampa de luz UV.
- Lugar de localización de la trampa: variable cualitativa nominal. Queda definida por el área donde se sitúa la trampa.
- Porcentaje de materia húmeda: se calculó para cada una de las localizaciones donde se realizó la captura de los insectos.
- Observaciones de campo (variable abierta cualitativa)