

CARACTERIZACIÓN DEL CICLO BIOLÓGICO DE LA MOSCA SOLDADO NEGRO (*Hermetia illucens*) BAJO LAS CONDICIONES AGROECOLÓGICAS DEL MUNICIPIO DE PIEDECUESTA, SANTANDER, COLOMBIA.

SALOMÓN ESPINOSA DIAZ

NELLY MARCELI PEÑA ARAQUE



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
INSTITUTO DE PROYECCIÓN REGIONAL Y EDUCACIÓN A DISTANCIA
PRODUCCIÓN AGROINDUSTRIAL
BUCARAMANGA

2013

CARACTERIZACIÓN DEL CICLO BIOLÓGICO DE LA MOSCA SOLDADO NEGRO (*Hermetia illucens*) BAJO LAS CONDICIONES AGROECOLÓGICAS DEL MUNICIPIO DE PIEDECUESTA, SANTANDER, COLOMBIA.

SALOMÓN ESPINOSA DIAZ
NELLY MARCELI PEÑA ARAQUE

Proyecto de grado para optar al título de
Profesional en Producción Agroindustrial

Directora
LUZ HELENA VILLAMIZAR CÁCERES
Ingeniera de Alimentos. Esp. Protección Vegetal

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
INSTITUTO DE PROYECCIÓN REGIONAL Y EDUCACIÓN A DISTANCIA
PRODUCCIÓN AGROINDUSTRIAL
BUCARAMANGA

2013

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos:

A Dios, quien es la fuente de nuestro potencial y quién hace posibles todas las cosas.

A la profesora Luz Helena Villamizar, por su colaboración en la dirección del proyecto, por su disposición en las asesorías metodológicas y el gran aporte de su experiencia en investigación.

Al Ingeniero Iván Darío Porras, quién creyó desde un principio en este sueño y por su inmensa colaboración durante el desarrollo de nuestra labor investigativa.

A nuestros compañeros con quienes compartimos sueños y deseos de superación, así como a todas las personas que aportaron su valioso apoyo y colaboración en el proyecto y la confianza depositada en nosotros.

A nuestras familias y amigos por su compañía durante esta fase de nuestras vidas. A la Universidad Industrial De Santander, institución de la cual nos orgullece ser sus egresados, a su cuerpo administrativo y docente quienes nos han colaborado y en fin a cada una de las personas que de una u otra forma participaron en la realización de este proyecto.

TABLA DE CONTENIDO

| | Pág. |
|--|------|
| 1. INTRODUCCIÓN | 13 |
| 2. JUSTIFICACIÓN | 14 |
| 3. OBJETIVOS | 16 |
| 3.1. Objetivo General | 16 |
| 3.2. Objetivos Específicos | 16 |
| 4. MARCO DE REFERENCIA | 17 |
| 4.1 Marco Contextual | 17 |
| 4.2. Marco Teórico | 20 |
| 4.2.1. Descripción de la Especie | 20 |
| 4.2.2. Generalidades y hábitos de vida | 22 |
| 4.2.3. Parámetros biológicos de <i>Hermetia illucens</i> | 25 |
| 4.3. Marco Conceptual | 27 |
| 4.4. Marco Geográfico | 29 |
| 5. DISEÑO METODOLÓGICO | 31 |
| 5.1. Localización de la Investigación | 31 |
| 5.2. Diseño de trabajo de Campo | 32 |
| 5.2.1. Fase 1 | 32 |
| 5.2.2. Fase 2 | 33 |
| 5.2.3. Fase 3 | 39 |
| 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 41 |
| 6.1. Análisis resultados fase 1 | 41 |
| 6.2. Análisis resultados fase 2 | 43 |
| 6.3. Análisis resultados fase 3 | 50 |
| 7. CONCLUSIONES | 52 |
| 8. RECOMENDACIONES | 54 |
| 9. BIBLIOGRAFÍA | 55 |
| 10. WEBGRAFÍA | 57 |
| ANEXOS | |

LISTA DE FIGURAS

| | Pág. |
|--|------|
| Figura 1. Mosca soldado en estado adulto | 20 |
| Figura 2. Larva mosca soldado | 21 |
| Figura 3. Mosca soldado en estado de prepupa | 21 |
| Figura 4. Vista ventral del final del abdomen macho y hembra de <i>H. illucens</i> . | 24 |
| Figura 5. Localización de Piedecuesta en Santander | 30 |
| Figura 6. Mapa localización de la Investigación | 31 |
| Figura 7. Limpieza del sitio | 32 |
| Figura 8. Disposición de los contenedores | 32 |
| Figura 9. Riego de los contenedores | 33 |
| Figura 10. Inspección de contenedores | 34 |
| Figura 11. Jaula – Moscario | 35 |
| Figura 12. Atrayente – Maíz criollo fermentado | 35 |
| Figura 13. Trampas para huevos | 36 |
| Figura 14. Huevos de <i>H. illucens</i> | 36 |
| Figura 15. Larvas <i>H. illucens</i> | 37 |
| Figura 16. Larvero | 37 |
| Figura 17. Prepupa migrando del sustrato | 38 |
| Figura 18. Contenedor con prepupas de <i>H. illucens</i> | 38 |
| Figura 19. Prepupas bajo protección en el moscario | 39 |
| Figura 20. Cosechador de larva | 40 |
| Figura 21. Interior del cosechador de larva | 41 |
| Figura 22. Larvas de <i>Ornidia obesa</i> | 42 |
| Figura 23. Larva de <i>Ornidia obesa</i> y Prepupa de <i>H. illucens</i> | 43 |
| Figura 24. Masas de huevos colectados en el moscario | 44 |
| Figura 25. Muda de piel de <i>H. illucens</i> | 46 |
| Figura 26. Instares larvales de <i>H. illucens</i> | 46 |
| Figura 27. Gráfico de análisis de variables en estado de larva | 47 |
| Figura 28. Pupas vacías de <i>H. illucens</i> | 48 |
| Figura 29. Pupas que no se desarrollaron | 48 |
| Figura 30. Gráfico de análisis de variables en estado de pupa | 49 |
| Figura 31. Duración ciclo completo <i>H. illucens</i> en Piedecuesta | 50 |
| Figura 32. Prepupas colectadas a través del cosechador | 51 |

LISTA DE TABLAS

| | Pág. |
|--|------|
| Tabla 1. Formato de consignación de variables en estado de huevo | 45 |
| Tabla 2. Formato de consignación de variables en estado de larva | 47 |
| Tabla 3. Formato de consignación de variables en estado de prepupa | 49 |

LISTA DE ANEXOS

| | Pág. |
|---------|------|
| ANEXO A | 59 |
| ANEXO B | 60 |
| ANEXO C | 60 |
| ANEXO D | 61 |

RESUMEN

TITULO:

CARACTERIZACIÓN DEL CICLO BIOLÓGICO DE *Hermetia illucens* BAJO LAS CONDICIONES AGROECOLÓGICAS DE PIEDECUESTA, SANTANDER, COLOMBIA.*

AUTORES:

ESPINOSA Diaz Salomón
PEÑA Araque Nelly Marcelli **

PALABRAS CLAVE:

Bioconversión, ciclo biológico, *Hermetia illucens*.

DESCRIPCIÓN: Se confirmó la presencia de población endémica de mosca soldado negro (*Hermetia illucens*) en el municipio de Piedecuesta, Santander, utilizando como atrayentes gallinaza, porcinaza y desechos vegetales de cosecha. La gallinaza resultó ser el mejor atrayente, siendo de gran importancia que ésta se mantenga húmeda y en un sitio protegido del sol. También se determinó la duración de cada etapa del ciclo biológico de *H. illucens* bajo las condiciones de temperatura y humedad relativa propias de Piedecuesta, para ello se implementó un sistema de reproducción de la mosca en cautiverio que permitió la toma de datos desde la etapa de huevo hasta la de imago o adulto. El ciclo total se completó en 43 días, los cuales se distribuyeron así: 5 días en estado de huevo, 15 días en estado larval, tiempo durante el cual el insecto pasa por 6 instares, 16 días en estado de pupa y 7 días como adulto. Durante el proceso se pudieron identificar algunos de los factores que son vitales para la reproducción de la mosca como son disponibilidad de agua, disponibilidad de espacio para el proceso de cortejo, exposición directa a la luz solar y material atrayente para la ovoposición. Finalmente se evaluó la eficiencia de un modelo de cosechador de larvas que se diseñó para optimizar el proceso de migración y recolección de prepupas. El sistema resultó ser eficiente y muy práctico ya que permite el desarrollo de las larvas y una fácil cosecha de las mismas. Se pudo apreciar el potencial de este insecto en el procesamiento de desechos orgánicos y la capacidad que posee para transformar dichos residuos en biomasa de gran valor nutricional. El cosechador evaluado resultaría muy útil en procesos de producción de larvas a gran escala con fines de alimentación animal.

* Trabajo de Grado para optar al título de Profesional en Producción Agroindustrial

** Directora Luz Helena Villamizar Cáceres. Ingeniera de Alimentos. M.Sc. Protección Vegetal.

Facultad de Producción Agroindustrial – Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia IPRED.

ABSTRACT

TITLE:

CHARACTERIZATION OF THE LIFE-CYCLE OF THE BLACK SOLDIER FLY, *Hermetia illucens*, UNDER THE AGROECOLOGICAL CONDITIONS OF PIEDECUESTA, SANTANDER, COLOMBIA.*

AUTHORS

ESPINOSA Diaz Salomón
PEÑA Araque Nelly Marcellí **

KEY WORDS

Bioconversion, life-cycle, *Hermetia illucens*.

DESCRIPTION: The presence of an endemic population of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) was confirmed in the municipality of Piedecuesta, Santander. Hen manure, swine manure and harvested vegetable waste was used as an attractant. Hen manure turned out to be the best attractant as long as it was kept wet and placed in a site protected from the sunlight. Every stage of the life-cycle of *H. illucens* was determined under the conditions of temperature and relative humidity specific to Piedecuesta. To accomplish this, a reproduction system of the fly in captivity that allowed data taking from the egg stage until the adult one was implemented. The total cycle was completed in 43 days which were distributed as follows: 5 days in egg stage, 15 days in larval stage, during this stage the insect goes through 6 instars, 16 days in pupal stage and 7 days as adult. During the process it was possible to identify some of the factors that are vital to the reproduction of the fly such as water availability, space available for the courtship process, direct exposure to sunlight and attractant material for the ovoposition. Finally the efficiency of a model of larvae harvester that was designed to optimize the migration process and the harvest of prepupation was assessed. The system turned out to be very efficient and very practical since it allowed the development of the larvae and its easy collection. It was possible to appreciate the potential of this insect in the processing of organic waste and its capacity to transform this material into a high nutritional value biomass. The assessed harvester would be very useful in larvae production processes on a large scale with purposes of animal feed.

* Work Degree to qualify the title of Agroindustrial Production Professional

**Director Luz Helena Villamizar Cáceres. Food Engineer. M.Sc. Plant Protection.
Agroindustrial Production Faculty – IPRED

1. INTRODUCCIÓN

Los insectos en su conjunto sobre la tierra representan la mayor biomasa. Los insectos pesan más que todos los animales juntos; en cualquier ecosistema constituyen una fuente de proteína animal, su valor nutritivo los convierte en un alimento complejo. Su masa corporal está constituida por un porcentaje que oscila entre un 60 y 70 % de proteína, y el tipo de grasas que se encuentran en este son poliinsaturadas, algunos son fáciles de digerir. Esta biomasa ha sido considerada por el fondo de las Naciones Unidas para la alimentación como una fuente nutricional de alto valor biológico.

El uso alimenticio de artrópodos adultos o inmaduros es común en diversas partes del mundo y especialmente el de la clase insecta en los órdenes Coleoptera, Orthoptera, Blatodea, Hymenoptera y Diptera. Este último orden adquiere importancia económica ya que varias especies se encuentran en la producción de animales domésticos especialmente en estiércoles, acumulaciones de basuras o desperdicios vegetales. En estos sitios cumplen un papel en la degradación y conversión en abono orgánico. Las larvas de las moscas pueden ser utilizadas como fuente de alimento para aves de corral y peces.¹

La mosca soldado negro (*Hermetia illucens*) ofrece una gran cantidad de ventajas en el procesamiento de materia orgánica gracias a su voracidad y versatilidad en estado larvario, además en su estado de prepupa contiene gran cantidad de proteína y grasas que pueden ser aprovechadas en la alimentación de animales de granja.

El propósito del presente trabajo es promover la investigación en el desarrollo de sistemas de "Bioconversión" donde se aprovechen las cualidades que *H. illucens* posee en el tratamiento de residuos sólidos orgánicos y donde a su vez se genere un producto para la alimentación animal de alto valor nutricional.

¹ Gloria Arango Gutiérrez; Rodrigo Antonio Ruiz y Humberto Vélez. "análisis composicional, microbiológico digestibilidad de la proteína de la harina de larvas de *Hermetia illucens* L (diptera: stratiomyiidae) en Angelópolis-Antioquia, Colombia." (Medellín: Universidad de Antioquia, 2004), p8.

2. JUSTIFICACIÓN

La generación y mal manejo de desechos sólidos orgánicos constituye un problema creciente a nivel mundial. Los residuos orgánicos sin tratar dentro de los desechos sólidos generan una gran problemática al llegar a vertederos municipales, ya que atraviesan procesos biológicos de descomposición generando gran cantidad de gases de efecto invernadero y lixiviados, los cuales contaminan suelos, agua y aire. Estos desechos, tanto domiciliarios como industriales, podrían ser una importante fuente de materia prima para la generación de energía y productos útiles de alto valor económico, si se contara con la tecnología y manejo adecuado para tratarlos.

En países en vía de desarrollo siguen prevaleciendo los botaderos a cielo abierto que actúan como foco de proliferación de microorganismos patógenos, roedores e insectos plaga como las moscas domésticas, las cuales son portadoras de enfermedades que afectan a poblaciones aledañas. En gran parte del mundo y principalmente en países pobres de América Latina, África y Asia la mayoría de los desechos van a dar a paraderos desconocidos como botaderos clandestinos, calles, lotes baldíos, ríos y mares, generando graves problemas de contaminación e inundaciones urbanas por obstrucción de ríos y drenajes.²

Tomando como referencia la problemática que ofrece dicho contexto podemos observar la urgente necesidad que hay por desarrollar sistemas eficientes para el manejo de los desechos orgánicos pero que a su vez se caractericen por ser amigables con el medio ambiente.

La larva de la mosca soldado negro *Hermetia illucens* L. (Diptera: Stratiomyidae) presenta grandes ventajas para el tratamiento de desechos orgánicos por sobre otras técnicas utilizadas como la vermicultura. Sus larvas reducen de un 42 a 56% el volumen de la materia orgánica original, consumiendo vorazmente los desechos

² S. A. Oke, K. O. Awofes "Cost analysis of the psychological effects of waste disposal" (Department of Mechanical Engineering, University of Lagos, Lagos, Nigeria, 2005), p4.

orgánicos y acumulando en su masa corporal hasta un 40% o más de proteína, lo que resulta en un producto mercadeable de alto valor en la alimentación de animales de granja como aves, cerdos, anfibios y peces. Además de esto, esta especie no requiere un tratamiento previo a la materia orgánica, funciona como controlador biológico de otras moscas, reduce la cantidad de microorganismos patógenos en los residuos y genera un material utilizable para fertilización agrícola³.

El uso de larvas de la mosca *Hermetia illucens* para el tratamiento de los desechos se presenta como una solución a diversos problemas ambientales y logísticos, probado en diversos estudios científicos y económicos a través de los años. Esta especie se presenta como una mosca no plaga, ya que no se alimenta en su forma adulta por lo que no representa un riesgo de transmisión de enfermedades, al contrario, posee la particularidad de funcionar como biocontrolador de poblaciones de mosca doméstica (*Musca domestica*) y otras moscas comunes, reduciendo sus poblaciones desde un 94 hasta un 100%.⁴

El presente trabajo tiene como propósito principal conocer las características del ciclo de vida de la mosca soldado negro (*Hermetia illucens*) bajo las condiciones agroecológicas propias de Piedecuesta, Santander, con el fin de desarrollar posteriormente un sistema que permita su continua reproducción en condiciones controladas y poder así utilizarlas como herramienta potencial en el manejo de residuos y en la producción de piensos de alto contenido proteico a partir de desechos orgánicos.

³ D. C. Sheppard, G. L. Newton, J. Davis, G. Gascho, S. Thompson, S. Savage y K. Bramwell. "Using soldier flies as a manure management tool for volume reduction, house fly control and feedstuff production," (Southern Regional SARE Program, 1998)

⁴ Dr. R. Newby, "Use of Soldier Fly in Organic Waste Management," message on "Compost and Soldier Fly" Mensaje publicado el 2 de Sep de 1997, Ibiblio digital library.
<http://www.ibiblio.org/london/orgfarm/composting/Compost+Soldier-fly-larvae.txt> (Visitado el 13 de Abril del 2013).

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general:

Determinar el ciclo de vida de la mosca soldado negro (*Hermetia illucens*) bajo las condiciones agroecológicas del municipio de Piedecuesta.

3.2 Objetivos específicos:

- Confirmar la presencia de población endémica de mosca *Hermetia illucens* en la región.
- Implementar una metodología para la reproducción y cuidado de la mosca *Hermetia illucens*.
- Establecer la duración de cada etapa de desarrollo de la mosca y sus características bajo las condiciones ambientales propias de Piedecuesta

4. MARCO DE REFERENCIA

4.1. Marco Contextual

La mosca soldado negro (*Hermetia illucens*) es una especie que ha sido ampliamente estudiada alrededor del mundo durante los últimos 20 años. Su velocidad de consumo de materia orgánica, su tamaño, su efecto biocontrolador sobre otros dípteros y su composición nutricional en estado de prepupa, entre otras ventajas, la han convertido en un blanco de investigación para desarrollar sistemas de manejo de residuos sólidos orgánicos a gran escala.

En Colombia se ha profundizado realmente poco en el tema debido en parte a que esta especie no se encuentra fácilmente como ocurre con muchos dípteros. También porque la mayoría de las personas al ver la mosca soldado piensan inmediatamente que se encuentran frente a un animal ponzoñoso pues éstas tienen una apariencia similar a las avispas.

A nivel regional la investigación con respecto al uso de esta especie ha sido nula, no se encontraron registros que indiquen que haya habido estudios de referencia. Por esta razón uno de los propósitos principales de este proyecto es sentar un precedente en Santander que permita la continuidad de un proceso investigativo donde se evalúe la amplia información que hay de otros países e investigadores con respecto a este tema y se pueda llegar a una transferencia tecnológica eficiente y altamente aplicable en Colombia.

Los primeros estudios contemporáneos sobre la mosca Soldado Negro (*Hermetia illucens*) y sus larvas fueron completados por tres investigadores, Furman, Young y Catts en 1959⁵. Ellos citaron que las larvas de esta mosca controlaban naturalmente las poblaciones de mosca común. Estas larvas permanecieron en el olvido hasta alrededor de los años 70 cuando los investigadores empezaron a buscar fuentes de alimento más económicos para aves de corral. Las larvas son

⁵ D. P. Furman, R. D. Young, y E. P. Catts. "*Hermetia illucens* as a factor in the natural control of *Musca domestica* Linnaeus." *Journal of Economic Entomology* 52, (1959): 917-921.

parte de una dieta natural en avicultura y como los investigadores empezaron a examinar diferentes especies de moscas y sus larvas, Hale examinó las larvas de *Hermetia illucens* en 1973. En 1977 Newton, Hale, Vooram y Barker examinaron su uso como suplemento alimenticio para cerdos⁶. Estas larvas fueron conocidas durante un tiempo como larvas “letrina” y se les encontraba naturalmente en las pilas de excremento de instalaciones para aves de corral, cerdos y ganado. Durante los años 80 y 90 los investigadores empezaron a estudiar el comportamiento de las larvas sobre dichos sustratos y concluyeron que ellas reducían considerablemente la cantidad de excremento y adicionalmente controlaban sobre el mismo las poblaciones de mosca común, la cual es un vector de enfermedades.

El potencial de este insecto como biocontrolador de otras especies de mosca, entre ellas la mosca doméstica (*Musca domestica*) se ha documentado desde fechas tan tempranas como 1916, sobre todo en reportes forenses donde se resaltaba el hecho de que restos colonizados por *H. illucens* no fueran invadidos por otras especies de larvas. En desechos fecales de gallinas y pollos estudios como el de Sheppard⁷, resaltan que en presencia de poblaciones bien establecidas de larvas de *H. illucens* no hay problemas de infestaciones con *M. domestica* y al eliminar a la mosca Soldado Negro con insecticidas se da una proliferación de moscas domésticas, las cuales presentan mayor resistencia a los químicos por estar más en contacto con ambientes humanos que *H. illucens*.

Desde aquel tiempo, investigadores alrededor del mundo han estado desarrollando información adicional sobre estas larvas, teniendo en cuenta que la misma ha sido descrita como especie nativa en muchas zonas incluyendo la mayoría del Hemisferio Occidental y la región Australiana desde Samoa hasta Hawaii. La mosca soldado negro también ha sido hallada a lo largo de Suramérica y Asia.

⁶ Gary Newton, C. V. Booram, R. W. Barker, y O. M. Hale. “Dried *Hermetia illucens* larvae-meal as a supplement for swine.” *Journal of Animal Science* 44 (1977): 395-399.

⁷ G. L. Newton, D. C. Sheppard, S. A. Thompson, y S. I. Savage. “The soldier fly, a beneficial insect: house fly control, manure volume reduction and nutrient recycling.” (presented at the nuisance concerns in animal manure management: Odors and flies conference, Gainesville FL, University of Florida) Pages 106-116

Como se mencionó en la justificación, numerosos estudios respaldan a este organismo como un interesante agente de tratamiento para desechos orgánicos. Los beneficios son muchos y el estado de desarrollo actual de la tecnología en gallinaza y porcínaza proporciona datos que respaldan la viabilidad comercial y económica del sistema.

Durante los últimos años los investigadores han empezado a examinar el uso de la mosca soldado negro como un alimento para peces debido a la gran necesidad de encontrar un alimento sustituto de calidad pero a la vez más económico que las harinas y concentrados convencionales. A pesar de que las larvas de mosca son parte de la dieta natural de los peces, muy poco trabajo se ha hecho con respecto al uso de harina de larvas como fuente de alimento para peces. A la fecha, estudios de peces alimentados con larvas de mosca soldado han sido llevados a cabo solamente con Trucha Arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*)⁸, Bagre de canal (*Ictalurus punctatus*)⁹ y Tilapia Azul (*Oreochromis aureus*)¹⁰. Esta investigación inicial ha mostrado, en el caso de la Trucha arcoíris, que las larvas pueden reemplazar el uso de un 25% del concentrado para peces con cero efectos negativos.

⁸ Sophie St-Hilaire, et. al, "Fly Prepupae as a Feedstuff for Rainbow Trout, *Oncorhynchus mykiss*" *Journal of the World Aquaculture Society* 38 no. 1 (2007): 62

⁹ K. Bondari & D. C. Sheppard, "Black soldier fly larvae as a feed in commercial fish production," *Aquaculture* 24 (1981):103–109.

¹⁰ K. Bondari & D. C. Sheppard. "Soldier fly *Hermetia illucens* L., as feed for channel catfish, *Ictalurus punctatus* (Rafinesque), and blue tilapia, *Oreochromis aureus* (Steindachner)," *Aquaculture and Fisheries Management* 18 (1987):209–220.

4.2. Marco Teórico

Clasificación Taxonómica de la Mosca Soldado Negro

- **Reino:** Animal
- **Phyllum:** Artrópoda
- **Clase:** Insecta o Hexápoda
- **Subclase:** Pterigotas
- **División:** Endoterigotas
- **Orden:** Díptera Brachycera
- **Superfamilia:** Stratiomyoidea
- **Familia:** Stratiomyidae
- **Genero:** Hermetia.
- **Especie:** *H. Illucens*.

Figura 1. Mosca soldado en estado adulto



Fuente: Internet, <http://naturaoxalis.blogspot.com>

4.2.1. Descripción de la Especie

La reproducción de esta especie se realiza por ovoposición, los huevos son puestos en grupos uno tras otro en hileras superpuestas, adheridos entre sí y al punto de ovoposición. Son cilíndricos con extremidades redondeadas, de un milímetro de largo, color crema cuando están recién puestos y varía a amarillo al madurar el feto. Las larvas nacen de cuatro a seis días después del desove, son de poco más de un milímetro de largo, color blanco, con cabeza, cauda y diez anillos, tegumento fuerte con pelo en cada anillo.

La cabeza presenta dos apéndices móviles en todo sentido; maxilas y antenas en forma de conos. Al crecer aumentan los segmentos inferiores tomando forma aplastada, el tegumento se oscurece pasando por crema, rojizo y llegando a plomo negruzco con la cauda más ancha y cabeza puntiaguda. Durante su desarrollo mudan seis veces de piel. En el último estadio, denominado prepupa, las mandíbulas se modifican a forma de gancho para escavar.

Figura 2.Larva mosca soldado



Fuente: Internet, <http://www.recorpinc.com>

Las pupas son idénticas a las prepupas y conservan la última piel del último instar de la misma, se les reconoce por la ausencia de movimiento. Después de aproximadamente dos semanas en estado de pupa sale el insecto perfecto o imago de su estuche por el método de ampolla frontal pulsátil, haciendo que el tegumento externo de la pupa se rasgue en la región dorsal en forma crucial: vertical desde la cabeza al quinto anillo y horizontal sobre la división que está entre el segundo y tercer segmento.

Figura 3.Mosca soldado en estado de prepupa



Fuente: Internet, <http://stage.whatsthatbug.com>

Los imagos son insectos delgados y alargados, midiendo en promedio 18mm de largo por 4mm de ancho, la cabeza lleva dos antenas de 4mm compuestas de tres artejos color negro siendo el terminal ancho y abarquillado cubierto de pequeños vellos. Los ojos son grandes y verdosos con estriaciones ante-posteriores color violeta. La cara posterior es cóncava, el sistema bucal está modificado al no alimentarse, tienen trompa corta, labio inferior en forma de doble saco abierto adelante, palpos pequeños cilindro cónicos velludos e hipofaringe tubular. Tiene cuello corto, delgado y muy flexible, permitiendo al insecto mover y girar su cabeza en todas direcciones.

El tórax es ancho y alargado, de 7mm por 4mm, bombeado, con dos depresiones laterales, color negro azabache brillante con poco bello oscuro, alas de 12mm por 4mm, color marrón con reflejos tornasolados azules y rojos, sobrepasan la extremidad del abdomen cuando el insecto está en reposo, 2mm en los machos y 1mm en las hembras. Los balancines en forma de mazos son muy blancos. Las patas son delgadas y largas cubiertas de pequeños vellos, las anteriores de 8mm de largo, las medianas de 9mm y las posteriores de 11mm, el primer par de patas está separado del segundo por 4mm, son de color negro a excepción de los tarsos, que son blanco amarillentos en los tres pares de patas; además el tercio superior de las tibias en el tercer par de patas es blanco. El abdomen es cilindro cónico con cinco anillos bien visibles color negro azabache, 9mm de ancho por 4mm, el primer y segundo segmento a menudo presentan dos ventanas translúcidas en la cara dorsal y una en la cara ventral. El macho suele ser un poco más pequeño que la hembra.¹¹

4.2.2. Generalidades y Hábitos de Vida

El orden Díptera constituye uno de los principales grupos de insectos, presentando aproximadamente 100 familias descritas y más de 85.000 especies conocidas. Una gran parte de estos insectos presentan gran importancia económica, bien sea

¹¹ Black Soldier Fly, "Hermetia Illucens," North Carolina State University.
http://ipm.ncsu.edu/AG369/notes/black_soldier_fly.html (Visitado el 3 de Mayo del 2013).

por su importante papel en la descomposición de la materia orgánica, por actuar como fauna útil en el control de plagas o por su papel como agentes polinizadores tanto en agrosistemas como hábitats naturales. Por otro lado, algunos grupos, especialmente aquellos con hábitos hematófagos, son importantes vectores de diversos agentes infecciosos en el ámbito médico-veterinario.

Los *Brachycera* son el grupo más diversificado de dípteros, y a él pertenece la familia Stratiomyidae, con alrededor de 2.600 especies descritas integradas en aproximadamente 400 géneros. La familia Stratiomyidae se encuentra presente en todas las regiones biogeográficas del planeta, estando sus larvas en diversos tipos de hábitats, aunque preferentemente en zonas húmedas o saturadas de agua, en el medio edáfico, bajo cortezas, y en materia orgánica en descomposición de diversos orígenes. Los imagos presentan una llamativa diversidad morfológica superior al resto de familia de dípteros, y normalmente se localizan sobre la vegetación cercanos a los lugares de desarrollo larvario. Las larvas presentan significativas características diagnósticas, con el tegumento endurecido por depósitos calcáreos, el cuerpo aplanado dorso-ventralmente, y en ocasiones un sifón corto al final del cuerpo.

Hermetia illucens conocida como “mosca soldado” (= *Black Soldier Fly* en Inglés) es un Stratiomyidae, posiblemente originario del Nuevo Mundo pero que a causa de la actividad humana se ha distribuido por todas las regiones tropicales húmedas y subtropicales del planeta. Sin embargo, pueden tolerar temperaturas extremas, aunque no durante el momento de la ovoposición¹².

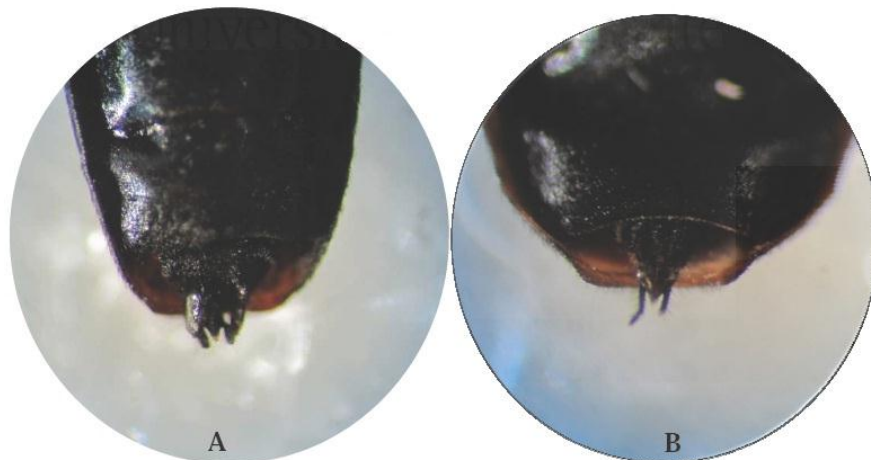
Los adultos, probablemente presentan una dieta florícola en condiciones naturales, pero en cautividad pueden sobrevivir varias semanas sin alimento. Por el contrario, las larvas pueden desarrollarse en una amplia diversidad de materia

¹² Jeffery Tomberlin, et. al. “Selected Life-History Traits of Black Soldier Flies (Diptera: Stratiomyidae) Reared on Three Artificial Diets,” Annual Entomological Society of America 95(3)(2002): 379-386

orgánica, desde estiércol y carne en descomposición, hasta frutos y vegetales; por otra parte, en ocasiones pueden causar miasis accidental en el ser humano.

Los imagos son muy variados en forma y coloración, presentando un mimetismo con ciertos grupos de himenópteros, que en principio les confiere sus ventajas ante ciertos depredadores. Otra particularidad son sus conspicuos ojos dicópticos. La hembra suele presentar un tamaño superior al macho, aunque no existe un evidente dimorfismo sexual. El aparato genital fue descrito por primera vez por Rozkosny en 1983 (Figura 4). La genitalia masculina es relativamente corta y presenta dos pares de lóbulos posteriores laterales, un par de cercos y un par de gonostilos muy reducidos. El complejo edeagal es muy delgado y se encuentra dilatado en su parte basal. La terminalia femenina se compone de un par cercos largos formados por dos segmentos; posee una larga placa subgenital en su parte distal de forma puntiaguda y una furca genital subtriangular. La estructura genital representa el único carácter de dimorfismo sexual de esta especie.¹³

Figura 4. Vista ventral del final del abdomen en un macho (A) y hembra (B) de *Hermetia illucens*.



Fuente: Flavia Paola Gobbi, Tesis doctoral. Universidad de Alicante, España 2012¹⁴

¹³ Donald Booth and Craig Sheppard, "Oviposition of the Black Soldier Fly, *Hermetia Illucens* (Diptera: Stratiomyidae): Eggs, Masses, Timing and Site Characteristics", *Environmental Entomology* 13, (1984), p421.

¹⁴ Flavia Paola Gobbi, "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, Universidad de Alicante, España. (2012) p172.

4.2.3. **Parámetros biológicos de *Hermetia illucens***

Aproximadamente cinco días después de la emergencia del adulto puede ocurrir la cópula. Tingle y colaboradores describieron en 1975 la conducta de apareamiento de esta especie indicando que las hembras que se encuentran en reposo atraen a los machos en vuelo, de manera que estos descienden para la cópula. Sin embargo, Copello en 1926 señaló previamente que el apareamiento se producía durante el vuelo y no en reposo. Tomberlin y Sheppard en el 2001 proporcionaron una nueva descripción del apareamiento de esta especie. Según estos autores, el macho intercepta a la hembra en el aire descendiendo luego en copula, en determinados lugares que son defendidos contra otros machos (sistema de “lekking”).¹⁵

Tras el apareamiento las hembras depositan alrededor de 600 huevos en grietas o hendiduras cerca de materia orgánica en descomposición. Cada huevo con forma de óvalo mide aproximadamente 1 mm de longitud, su coloración varía de blanco a amarillo pálido o crema, emergiendo larvas de primer estadio en aproximadamente cuatro días a 24 °C. Las larvas son de crecimiento rápido y se caracterizan por seis estadios larvales (L1, L2, L3, L4, L5 y prepupa). Las larvas pueden llegar a medir hasta 3 cm de longitud, son de un color opaco y blanquecino y presentan una característica quetotaxia tanto en su parte ventral como dorsal. Al finalizar su crecimiento, las larvas abandonan el medio de desarrollo buscando un sitio seco y protegido, a este estadio se lo denomina prepupa (sexto estadio larval). Esta etapa se caracteriza por el endurecimiento y oscurecimiento de la cutícula, así como por su gran movilidad y tras unos días se transforma en pupa caracterizada por la falta de movimiento activo.¹⁶

Los adultos emergen aproximadamente después de dos semanas tras la formación de la prepupa. Los adultos no necesitan alimentarse por lo que

¹⁵ Ver nota 14

¹⁶ Ver nota 14

dependen de las reservas acumuladas durante la fase larvaria. La duración de cada etapa del ciclo de vida de *H. illucens* está influenciado por diversos factores abióticos y bióticos, que pueden alterar de forma significativa el desarrollo de las etapas preimaginales de esta especie. Las temperaturas óptimas para el ciclo biológico de *H. illucens* se sitúan en el rango 24 a 29,3 °C¹⁷.

Al igual que la temperatura, la humedad ambiental puede tener importantes efectos fisiológicos afectando al desarrollo, longevidad y la oviposición de *H. illucens*. La cutícula del exoesqueleto está formada por una capa lipídica superficial impermeable al agua. La tasa de transpiración a través de la cutícula en especies adaptadas a climas húmedos tiende a ser superior a las de ambientes más secos. Por ello es importante conocer los mecanismos conductuales empleados por los insectos con este fin. En particular, se han descrito diversas estrategias durante la oviposición, tales como la agrupación de huevos en masa y la selección del sitio de oviposición, por ejemplo en la parte inferior de una hoja húmeda cerca de la fuente de alimento. Las hembras de *H. illucens* suelen ovopositar en grietas secas cerca de un recurso húmedo, de manera que larvas recién eclosionadas pueden rápida y fácilmente abrirse camino hacia el recurso antes de la desecación. Además, las larvas también se encuentran amenazadas por la pérdida de agua corporal en un ambiente terrestre. Estudios de laboratorio con *H. illucens* determinaron que el rango óptimo para el desarrollo de la especie es 50 a 99% de humedad relativa del aire.¹⁸

Por otro lado, algunos estudios indican que determinadas características lumínicas estimulan el apareamiento de los adultos, en particular se ha propuesto que los ojos de *H. illucens* presentan características particulares únicas de fotorrecepción. Otros factores como la calidad y cantidad de alimento así como también la densidad poblacional son de vital importancia en el desarrollo de esta especie. En condiciones ideales, las larvas tardan dos semanas en alcanzar el estado de

¹⁷ Ver nota 12.

¹⁸ Nandayure May Studt Solano, "Uso de larvas de mosca soldado negro (*Hermetia illucens*) para el manejo de residuos municipales orgánicos en el campus de la universidad earth, costa rica", Cartago (2010) p59.

prepupa, pero si hay limitaciones de alimento este período se puede extender hasta cuatro meses. Esta habilidad para extender el estado larval en respuesta a la disponibilidad de alimento aumenta las posibilidades de supervivencia a largo plazo en condiciones naturales permitiendo su adaptación a diferentes tipos de hábitats y medios de desarrollo.

Para la cría en cautividad de *Hermetia illucens*, Tingle y colaboradores señalaron en 1975 que el apareamiento y la ovoposición solo se lograba en cajas de colonia de 3 x 6,1 x 1,8 m y 0,76 x 1,14 x 1,37 m. Sin embargo, Sheppard y colaboradores obtuvieron en 2002 resultados similares en cajas de colonia de 2 x 2 x 4 m. Estos resultados podrían estar relacionados con la necesidad de espacio de los imagos para el adecuado desarrollo del comportamiento tipo “lekking”.¹⁹

4.3. Marco Conceptual

A continuación se definen en un glosario los conceptos claves a tener en cuenta para la correcta comprensión del presente estudio.

AGROECOLOGÍA: Es una rama de la ecología que se encarga de estudiar la interacción que se presenta entre los distintos factores ambientales, en las plantas y animales que son de interés agrícola para el hombre; además de estudiar las condiciones que determinan el flujo de energía, la circulación de los materiales y estructura trófica de los distintos agroecosistemas.

APAREAMIENTO: es el conjunto de todos los comportamientos de cortejo y cría que realizan dos individuos de distinto sexo para procrear, y que culmina con la cópula.

ATRAYENTE: Sustancia o material que por sus características físicas y/o químicas ejerce un efecto de atracción sobre las hembras fértiles.

¹⁹ Ver nota 18.

BIOCONVERSIÓN: Es la conversión de material orgánico, como plantas o desechos animales, en productos aprovechables o fuentes de energía mediante procesos o agentes biológicos como microorganismos.

BIOMASA: Cantidad de materia viva presente en un determinado momento y en un determinado espacio, expresada en unidades de peso por unidades de área o de volumen. El peso puede ser húmedo (vivo), seco, o seco libre de cenizas (este último equivale aprox. al peso de materia orgánica).

COMPOSTAJE: Es un proceso de producción de abono orgánico o compost, a través de la descomposición controlada de sustancias orgánicas generalmente provenientes de desechos orgánicos como alimentos, restos de cosechas y desechos de animales.

ECLOSIÓN: Proceso mediante el cual las larvas salen del huevo.

HUMEDAD RELATIVA: Es la humedad que contiene una masa de aire, en relación con la máxima humedad absoluta que podría admitir sin producirse condensación, conservando las mismas condiciones de temperatura y presión atmosférica.

IMAGO: Término entomológico para el último estadio del desarrollo de un insecto

IMPACTO AMBIENTAL: Acción o actividad que produce una alteración, favorable o desfavorable, en el medio ambiente o en alguno de los componentes del mismo.

INSTAR: También denominado “Estadio”, es cada etapa en el desarrollo de los artrópodos, como insectos, etc., hasta llegar a la madurez sexual.

INVERNADERO: Es un lugar cerrado, estático y accesible a pie, que se destina generalmente a la producción de cultivos, dotado habitualmente de una cubierta exterior translúcida de vidrio o plástico, que permite el control de la temperatura, la humedad y otros factores ambientales para favorecer el desarrollo de las plantas.

LIXIVIADO: Es el líquido resultante de un proceso de percolación de un fluido a través de un sólido. El lixiviado generalmente arrastra gran cantidad de los compuestos presentes en el sólido que atraviesa.

METAMORFOSIS: proceso biológico que experimentan las crías de ciertos animales antes de llegar a la adultez.

PROTEÍNA: Sustancia química compuesta de aminoácidos.

PUPA: Es el estado por el que pasan algunos insectos en el curso de la metamorfosis que los lleva del estado de larva al de imago o adulto.

TAXONOMÍA: Ciencia de la clasificación de los seres vivos que tiene por objeto el establecimiento de grupos o categorías (taxones), en las que se reúnen organismos afines y semejantes. En rango decreciente, los taxones básicos son: Reino, Filo, Clase, Orden, Familia, Género y Especie.

4.4. Marco Geográfico

Municipio de Piedecuesta (Santander).

El municipio de Piedecuesta se encuentra ubicado en las Coordenadas: 07°05'N 73°01'O a una altitud de 1.005 msnm, con una distancia de 17 km de Bucaramanga cuenta con una superficie de 344 km², además con una densidad de 306 hab /km² y con una población de 129.000 habitantes (DANE 2010). Fue fundada en 1598, su temperatura media es de 19°C y la máxima promedio de 30.9 °C, su precipitación anual promedio de 1279 mm al año.

El municipio limita por el norte con Toná y Floridablanca. Por el sur con Guaca, Cepita, Aratocha y los Santos. Por el oriente con Santa Bárbara. Por el occidente con Girón.

Figura 5. Localización de Piedecuesta en Santander



Fuente: Internet, www.esacademic.com

Límites que a su vez demarcan las fragmentaciones del relieve municipal por la falla de Bucaramanga al oriente, el nudo sísmico y la falla de los Santos al sur, la falla del río Suárez al occidente y las fallas de Ruitoque y río de Oro por el norte. Todo lo cual ha conllevado a que los habitantes se adapten a las condiciones socio-ambientales de vida propiciada por los pisos térmicos andinos y las dinámicas sísmicas de la región.

Por su ubicación en la Cordillera Oriental, Piedecuesta es un municipio productor de agua. Aquí nacen 3 ríos: Oro, Hato y Manco y 12 quebradas. Su extensión es de 493 Km² a la altura de 1005 msnm, presenta un relieve sobre un gran valle interrumpido por el cerro de la cantera, cortado por el río Chicamocha en el sector de pescadero. Tiene cinco corregimientos y 38 veredas, lo que facilita la agricultura, pilar de la economía.

5. DISEÑO METODOLÓGICO

El presente trabajo está basado en un estudio experimental descriptivo que pretende identificar las características y la duración de cada una de las etapas que comprenden el ciclo biológico de la mosca soldado *Hermetia illucens*.

5.1 Localización de la Investigación:

El estudio se realizó en los predios de la Granja Educativa Experimental “El Hangar” de propiedad de la Universidad Industrial de Santander “UIS” localizada en el municipio de Piedecuesta (Santander) dentro de las coordenadas 6° 59’ 06” latitud Norte y 71° 01’ 17” longitud Oeste según meridiano de Greenwich, a una altura de 985 metros sobre el nivel del mar, con temperatura promedio de 23° C, humedad relativa del 83%, luminosidad de 123 horas anuales y precipitación promedio anual de 1500 milímetros.

Figura 6. Mapa localización de la Investigación



Fuente: Google Maps

5.2 Diseño de trabajo de campo

Fase 1: Confirmar la presencia de mosca soldado en Piedecuesta, Santander

Para confirmar la presencia de población endémica de *Hermetia illucens* en Piedecuesta se delimitó un área de 4 mts², se limpió y adecuó dicho espacio para la disposición de los experimentos dentro de la granja. Allí se realizó el montaje de tres contenedores con sustratos diferentes a campo abierto con el fin de que la mosca inoculara alguno de ellos y para determinar a su vez el mejor atrayente que podría ser usado en futuras capturas.

Figura 7. Limpieza del sitio



Fuente: Los autores

Figura 8. Disposición de los contenedores



Fuente: Los autores

En el primer contenedor el sustrato fue porcinoza, en el segundo fue gallinaza y en el tercero desechos vegetales de los cultivos de la granja. Estos contenedores fueron canecas de aceite cortados por la mitad y perforados en el fondo de uno de los extremos para facilitar el drenaje del agua y evitar así los encharcamientos. Se dejaron a libre exposición en un lugar sombreado y tapados con costales de fique para mantener la humedad del sustrato. Se regaron cada dos días y se hizo inspecciones dos veces por semana para determinar si alguno de ellos había sido ya inoculado con larvas de *H. illucens*.

Figura 9. Riego de los contenedores



Fuente: Los autores

La gallinaza y la porcinoza fueron obtenidas en instalaciones pecuarias ubicadas cerca de la granja. Los desechos vegetales fueron obtenidos de los diferentes cultivos presentes en la granja tales como tomate, melón y patilla, en su totalidad productos de descarte.

Fase 2: Implementación de un sistema de cuidado y reproducción para la mosca

Las larvas que posteriormente fueron capturadas de forma silvestre se inspeccionaron diariamente, se les adicionó tomate para que se alimentaran y continuaran su desarrollo hasta alcanzar el estado de pupa. Finalmente se depositaron en un contenedor con cascarilla de arroz de donde luego emergerían los imagos de la mosca.

Figura 10. Inspección de contenedores



Fuente: Los autores

Se construyó una jaula para permitir que las moscas emergieran de las pupas y se aparearan. Con el fin de obtener huevos de *H. illucens* para iniciar la toma de datos y establecer la duración de cada etapa. La jaula que se construyó, denominada “moscario”, se elaboró con un cajón de madera de medidas 1x1.15x1.20 mts que sirvió como base y sobre el cual se armó una estructura con listones de madera con una altura de 1.30 mts y se enmalló con anejo dejando una puerta de 60x65 cmts. Esta jaula se ubicó bajo un pequeño invernadero que se construyó para este fin, el cual permitía el paso de la luz solar pero a su vez lo protegía de la lluvia (Ver anexo 1).

Posteriormente se adecuó en su interior una lámina de icopor que separaba la caja de madera del resto de la estructura y que servía a su vez como base para que se posaran las moscas y realizaran el proceso de cortejo. Se dispuso en su interior dos pequeños contenedores con papel higiénico y agua de tal forma que el papel higiénico estuviera saturado pero que protegiera a los insectos del ahogamiento en caso de que estos se posaran dentro del contenedor.

Figura 11. Jaula - Moscario



Fuente: Los autores

Como atrayente para las hembras y con el objetivo de obtener huevos se utilizó un recipiente ancho con maíz criollo fermentado y agua hasta alcanzar el punto de saturación. Este maíz se preparó con 15 días de anterioridad, dejándolo sumergido en agua para que se fermentara, pero protegido de otros dípteros para que no se generara ningún tipo de rechazo por parte de las hembras.

Figura 12. Atrayente – Maíz criollo fermentado



Fuente: Los autores

Ya en el “moscario” este contenedor fue protegido con cartón para evitar la luz directa del sol sobre el sitio de ovoposición. Bajo la cubierta del mismo se dispusieron las trampas para los huevos, estos consistían en grupos de tiras de cartón corrugado que estaban suspendidas sobre el maíz fermentado sin llegar a tocarlo, ya que debían permanecer totalmente secos.

Figura 13. Trampas para huevos



Fuente: Los autores

Se esperó a que las moscas empezaran a emerger de las pupas y se inspeccionó la jaula y las trampas cada 2 días. En las trampas de cartón se encontraron masas de huevos depositados en distintos orificios y fueron trasladados a un recipiente pequeño con trozos de tomate y se ubicó en un lugar sombreado. En este punto se comenzó la toma de datos para establecer la duración de la etapa inicial del ciclo de *H. illucens* usando un termohigrómetro marca EXTECH facilitado por el dirección del programa.

Figura 14. Huevos de *H. illucens*



Fuente: Los autores

Figura 15. Larvas *H. illucens*



Fuente: Los autores

Se adecuó un contenedor especial al que se denominó “larvero”, de dimensiones 1.20 mts x 20 cm x 7 cm, con el objetivo de depositar allí las larvas que eclosionaron de los huevos colectados y que habían sido alimentadas con tomate hasta el tercer día. Este contenedor contaba con una rampa con un ángulo de inclinación de 35° por donde se esperaba la migración de las larvas en estado de prepupa. Contaba además con una cubierta enmallada que no permitía el ingreso de otros dípteros y que servía como protección contra las aves silvestres. En este punto se dio continuación a la toma de datos de temperatura y humedad relativa para determinar la duración de la etapa larval.

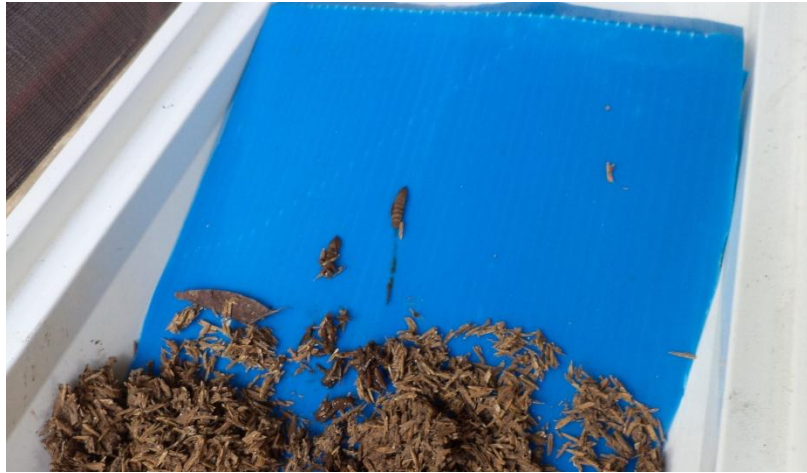
Figura 16. Larvero



Fuente: Los autores

En este contenedor se adicionó 1 libra de tomate en trozos cada dos días y tenía como “cama” o sustrato para las larvas tamo de arroz. Se revisó cada dos días y se mantuvo protegido del sol y la lluvia. La toma de información se hizo diariamente y se registró la temperatura y la humedad relativa del sitio.

Figura 17. Prepupa migrando del sustrato



Fuente: Los autores

Las prepupas que iban migrando por la rampa caían a un pequeño contenedor que contenía tamo de arroz en donde se colectaron y se llevaron posteriormente al “moscario” para continuar la toma de información.

Figura 18. Contenedor con prepupas de *H. illucens*



Fuente: Los autores

Las prepupas colectadas fueron llevadas al “moscario”. Dicho contenedor fue cubierto con cartón por todos los lados para evitar el contacto directo del sol. Una vez allí se tomó diariamente la temperatura y la humedad relativa para analizar el desarrollo de la mosca en su último instar.

Figura 19. Prepupas bajo protección en el moscario



Fuente: Los autores

De esta manera se concluye la fase experimental para determinar la duración de cada etapa del desarrollo de *H. illucens*. Se tomó datos en cada etapa y se logró continuar su ciclo en cautiverio.

Fase 3: Evaluación de un modelo de cosechador de larva para *H. illucens*

Con la intervención de un proyecto auxiliar integrado por Inés Ardila Lizarazo y German Durango Silva, compañeros estudiantes de Producción Agroindustrial, se construyó un modelo de cosechador de larva, ideado originalmente por Black Soldier Fly Farming²⁰, como iniciativa para mejorar el proceso de transformación de residuos llevado a cabo por las larvas de *H. illucens* y para facilitar el proceso de cosecha de la larva.

²⁰ Black Soldier Fly Farming, The next generation of composting.
<http://www.blacksoldierflyfarming.com/> (Visitado el 03 de Abril del 2013)

Este cosechador consiste en un contenedor con paredes inclinadas a 35° a ambos lados las cuales desembocan cada una en un agujero conectado a una manguera que conduce a un contenedor plástico. El cosechador tiene en el fondo malla galvanizada para permitir que los lixiviados propios del proceso de descomposición no creen encharcamiento dentro, estos caen directamente por un tubo a un recipiente. Cuenta también con una tapa que permite ser ajustada para que quede entre-abierta y permita el ingreso de más moscas soldado.

Figura 20. Cosechador de larva



Fuente: Los autores

El sistema es muy sencillo, dentro del cosechador se deposita el material orgánico que se desea procesar, éste debe estar húmedo pero sin saturación, se inoculan las larvas que han eclosionado previamente y se cubre con la tapa. Una vez las larvas han alcanzado su madurez (prepupa) éstas empiezan a migrar por las rampas en busca de un sitio seco para pupar. Por lo cual se desplazan hacia arriba y al llegar al orificio que está en el extremo de la rampa caen al contenedor plástico donde son cosechadas. Adicional a esto se pueden instalar trampas para huevos que estén suspendidas de la tapa, de tal forma que otras moscas soldado ovipositen en ellas y se pueda enriquecer de forma indirecta el cosechador, esto debido a que se ha demostrado que las larvas poseen atrayentes que le indican a las hembras que por su presencia en el sustrato es un sitio ideal para poner sus huevos.

Figura 21. Interior del cosechador de larva



Fuente: Los autores

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis resultados fase 1:

Confirmar la presencia de mosca soldado en Piedecuesta, Santander.

La disposición de los tres contenedores a campo abierto con el fin de atraer la mosca y confirmar su presencia en el municipio de Piedecuesta dio resultado. En primer lugar cabe destacar que el proceso de atracción de la mosca duró dos meses aproximadamente.

El contenedor con porcina se infestó rápidamente con *Ornidia obesa*, otra especie de díptero, el cual se desarrolla en sustratos con altos niveles de humedad casi hasta el punto de saturación. La porcina que se utilizó no tenía ningún tratamiento previo, es decir era el excremento puro y por lo tanto contenía una gran cantidad de agua en sí mismo que permitió el desarrollo continuo de este insecto. No se observó que *H. illucens* colonizara este sustrato, deducimos que puede ser debido a la alta población de *O. obesa* y a la alta concentración de agua en el sustrato.

Figura 22. Larvas de *Ornidia obesa*



Fuente: Los autores

En cuanto al contenedor con desechos vegetales de la granja, observamos que la degradación del material sucede muy rápido y se coloniza en menos de 24 horas por otros tipos de insectos que lo descomponen a gran velocidad incluida la mosca común (*Musca domestica*). Como producto de esta experiencia podemos concluir que los desechos vegetales no son la mejor opción para atraer la mosca soldado. Se necesita que el olor que genera el material orgánico sea más fuerte.

Para el caso del contenedor con gallinaza, el resultado fue favorable a la hora de atraer a *H. illucens*. Pese a la falta de conocimiento sobre las características morfológicas de la larva se pudo verificar que el sustrato había sido inoculado con huevos de la mosca soldado tras casi dos meses después de instalar los contenedores. Al principio se tendió a confundir las larvas de *O. obesa* con las de *H. illucens* (Figura 23), pero luego de una detallada inspección de los especímenes y con la ayuda de la Dra. Gloria Patricia Arango Gutiérrez, docente de la Universidad Nacional de Medellín, se logró una plena identificación del insecto.

Al principio *H. illucens* convive con otras especies de dípteros, pero a medida que se desarrollan y que la población de la misma aumenta, ésta ejerce un efecto de

control sobre las otras especies que inhibe la ovoposición de huevos en el mismo sustrato y por lo tanto la población de mosca doméstica que se encontró fue muy mínima y casi nula al final de la etapa larval.

Figura 23. Larva de *Ornidia obesa* (A) y Prepupa de *H. illucens* (B)



Fuente: Los autores

Se puede concluir entonces que la mosca soldado negro (*Hermetia illucens*) sí es una especie endémica o nativa en Piedecuesta, Santander, y que se ve atraída por la gallinaza, pero ésta debe presentar un alto contenido de humedad, estar protegida del sol y presentar un olor fuerte para que las hembras del insecto puedan detectarlo a grandes distancias.

Análisis resultados fase 2:

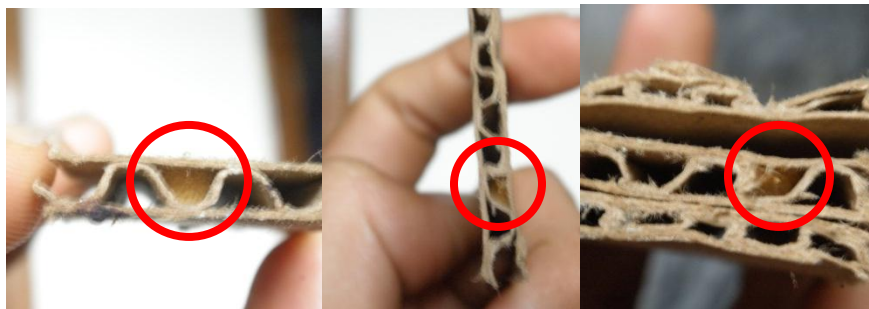
Implementación de un sistema de cuidado y reproducción para la mosca soldado

Durante la primera etapa de esta fase, es decir el momento en que los adultos emergieron de las pupas dentro del moscario, se llegó a pensar que las condiciones no eran adecuadas para el desarrollo del proceso de apareamiento de los insectos puesto que no se encontraron huevos durante los primeros 12 días y durante este tiempo varios adultos murieron.

Analizando la información encontrada en la literatura disponible, creemos que esta dificultad en el apareamiento de las moscas pudo ser debido a varios factores, por ejemplo el espacio disponible dentro de la jaula con respecto a la concentración de adultos. Se sabe que los machos deben proteger el sitio de apareamiento de otros machos invasores (comportamiento de “lekking”) mientras realizan el ritual de cortejo, por lo cual podría verse afectado el proceso si no se disponía de espacio suficiente. También pudo verse limitado el apareamiento debido a la falta de espacios aéreos para que las moscas se posaran ya que por ejemplo en un escenario silvestre los machos se posan sobre las hojas de las copas de los árboles donde reciben la luz directa del sol.

Otro factor importante que pudo dificultar la reproducción de las moscas fue la poca disponibilidad de agua. Los adultos a pesar de no alimentarse necesitan del agua para sobrevivir más tiempo, optimizar sus funciones vitales y expandir sus posibilidades de reproducción. Creemos que los contenedores con agua que se instalaron dentro del moscario no fueron suficientes o no son un sistema eficiente para que las moscas puedan encontrar el líquido.

Figura 24. Masas de huevos colectados en el moscario



Fuente: Los autores

Luego de 12 días revisando las trampas de ovoposición y el atrayente, se encontraron tres masas de huevos que fueron trasladadas a un contenedor especial protegido del sol y con un nivel alto de humedad para que eclosionaran. Los huevos permanecieron en el cartón donde fueron colectados y no se les permitió el contacto directo con la humedad, ya que esto podía arruinarlos. Allí

comenzó la toma de datos de temperatura y humedad relativa. En el contenedor se depositó tomate para mantener la humedad y como fuente de alimento para las larvas recién nacidas.

Los huevos eclosionaron 5 días después de la ovoposición con una temperatura exterior promedio de 26°C y humedad relativa promedio del 77%. Los datos fueron consignados en tablas como la que se muestra a continuación.

Tabla 1. Formato de consignación de variables en estado de huevo

| REGISTRO VARIABLES DESARROLLO DE HUEVOS COLECTADOS | | | | |
|---|------|----|-----|----------|
| FECHA | HORA | T° | H.R | ECLOSION |
| | | | | |
| | | | | |

La totalidad de los huevos no se desarrolló, se observó que una masa de ellos eran huevos infértiles ya que no eclosionaron y por lo tanto fueron retirados posteriormente. Si las condiciones no son óptimas para la reproducción las hembras pueden depositar huevos infértiles, por este motivo deducimos que la demora en el apareamiento por los factores anteriormente mencionados pudo influenciar este tipo de comportamiento que dio como resultado huevos que no eclosionaron.

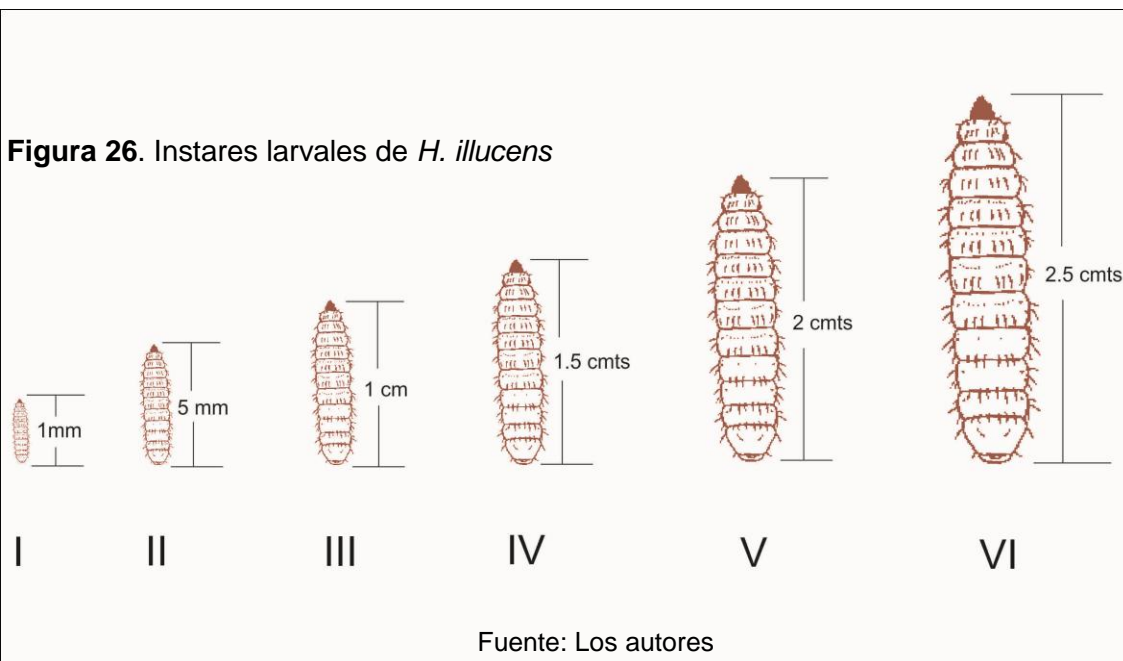
Las larvas de tres días de edad fueron trasladadas posteriormente al “larvero” que se construyó para su cuidado y alimentación. En este punto las larvas mostraron un rápido desarrollo y crecimiento. Se sabe que durante su etapa larval pasan por seis instares siendo el último el de prepupa que se caracteriza por el instinto migratorio. El paso de un instar a otro tiene como característica principal la muda de piel lo cual permite el crecimiento de la larva.

Figura 25. Muda de piel de *H. illucens*



Fuente: www.thebiopod.com

Figura 26. Instares larvales de *H. illucens*



Fuente: Los autores

Durante esta fase se adicionó 1 libra de tomate en trozos cada dos días y se observó la rapidez del proceso con las larvas. Hubo que hacer algunos ajustes al larvero debido a que no contaba con un buen sistema de drenaje y empezó a acumularse demasiada agua en el contenedor, lo que causó que las larvas dejaran de alimentarse y detuvieran su crecimiento. Éste problema se solucionó abriendo unos orificios más grandes al final del contenedor e inclinándolo a unos 20° para que los líquidos fueran dirigidos hacia el drenaje.

Se depositaron 276 de las prepupas colectadas en un contenedor con tamo o cascarilla de arroz y luego se ubicó dentro del moscario protegido de la luz solar para evaluar el desarrollo de las pupas con respecto al porcentaje de emergencia de adultos.

Las primeras moscas empezaron a emerger 16 días después de su recolección a una temperatura promedio de 26°C y a una humedad relativa promedio del 76%. Este proceso duró 6 días y se observó emergencia tanto de día como de noche.

Figura 28. Pupas vacías de *H. illucens*



Fuente: Los autores

De las 275 prepupas que se depositaron en el contenedor se convirtieron en adulto 245, esto quiere decir que un 11% de ellas no se desarrolló sino que sufrieron momificación. Esto puede ser debido a las altas temperaturas que se presentaban por momentos bajo el invernadero o a la variabilidad en la temperatura y la humedad relativa del sitio.

Figura 29. Pupas que no se desarrollaron



Fuente: Los autores

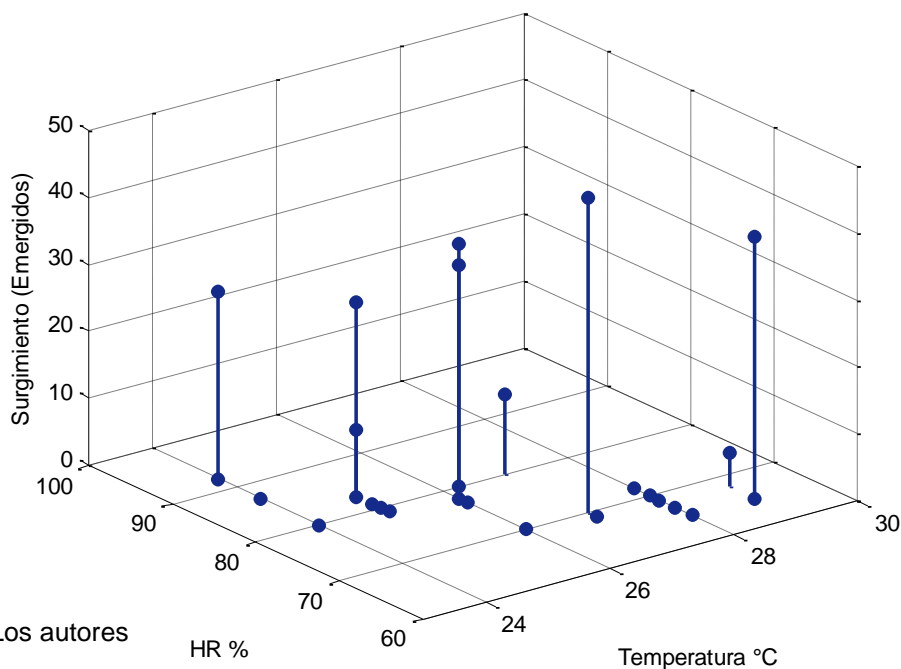
Las moscas que emergieron vivieron en promedio 7 días bajo las mismas condiciones de temperatura y humedad. Los datos con respecto a estas variables se consignaron en una tabla como la que se muestra a continuación.

Tabla 3. Formato de consignación de variables en estado de pupa

| REGISTRO VARIABLES DESARROLLO 276 PUPAS DE MOSCA SOLDADO | | | | |
|---|------|----|-----|--------------|
| FECHA | HORA | T° | H.R | # EMERGIERON |
| | | | | |
| | | | | |

Analizando la información obtenida en las tablas podemos ver que el proceso de emergencia de adultos está más disperso o distribuido a diferencia del proceso anterior en que se notó una marcada influencia de la temperatura y la humedad relativa. Aquí deducimos que el factor más importante es el tiempo que tardan los imagos en desarrollarse, pues la emergencia se concentra 16 días después de la migración de las prepupas y esta no se observó a una hora específica del día, es decir, fue un proceso que se llevó a cabo constantemente de día y de noche.

Figura 30. Gráfico de análisis de variables en estado de pupa



Fuente: Los autores

En promedio el ciclo completo de *H. illucens* bajo las condiciones propias de Piedecuesta tuvo una duración de 43 días desde el momento de la ovoposición hasta el día en que muere el imago.

Figura 31. Duración ciclo completo *H. illucens* en Piedecuesta



Análisis resultados fase 3:

*Evaluación de un modelo de cosechador de larva para *H. illucens**

Para evaluar la funcionalidad del cosechador de larva, se depositó en éste una mezcla de tamo de arroz y desechos vegetales (patilla y tomate) y luego se inoculó con 140 larvas de *H. illucens* de una semana de edad obtenidas del larvero de cría. Las larvas respondieron positivamente al sustrato y al ambiente del cosechador a pesar de que aparentemente el tamo no es el mejor sustrato para usar allí ya que atrapa la humedad y no permite que drenen los lixiviados.

Las larvas tardaron 1 semana más en desarrollarse hasta el estado de prepupa y migraron en su totalidad por las rampas ubicadas en el cosechador. Éstas cayeron a los recipientes plásticos comprobando así la eficiencia del sistema usado en el cosechador elaborado.

Figura 32. Prepupas colectadas a través del cosechador



Fuente: Los autores

El modelo cosechador de larvas es muy eficiente y facilita las labores de producción ya que las larvas están protegidas de los depredadores incluso en el momento en que caen por los orificios y se colectan por si solas. Además gracias al fondo en malla galvanizada no se acumulan los lixiviados y las larvas pueden desarrollarse muy bien. Con sistemas como este puede pensarse ya en un proceso a mayor escala para la transformación de residuos sólidos orgánicos en alimento para peces o aves de corral ya que las larvas son excelentes procesadoras y su gran composición nutricional las convierte en una gran alternativa aplicable en granjas y a un bajo costo.

7. CONCLUSIONES

- La mosca soldado negro (*Hermetia illucens*) es una especie endémica en el municipio de Piedecuesta, Santander, Colombia.
- Un atrayente eficiente que puede emplearse en el inicio de una colonia de *H. illucens* es la gallinaza fresca ubicada en un sitio protegido del sol y del exceso de humedad.
- Las condiciones agroecológicas del municipio de Piedecuesta son óptimas para que se reproduzca la mosca soldado negro siempre y cuando tengan una fuente de alimento de calidad disponible.
- Para lograr un buen índice de reproducción de la mosca en cautiverio deben tenerse en cuenta factores muy importantes como espacio disponible, sitios para posar y realizar el cortejo, disponibilidad de agua e incidencia de luz solar directa.
- Bajo las condiciones ambientales de Piedecuesta los huevos de *H. illucens* eclosionaron en 5 días a una temperatura de 26°C y humedad relativa del 77% en promedio.
- El maíz criollo fermentado funciona perfectamente como atrayente de ovoposición para las hembras de *H. illucens*.
- En estado larval es muy importante el drenaje del sustrato, si éste está muy húmedo las larvas detienen su metabolismo y permanecen en el fondo del material sin desarrollarse.
- Bajo las condiciones propias de Piedecuesta las larvas de *H. illucens* tardaron 15 días en llegar al último instar con una temperatura de 27°C y una humedad relativa del 76% en promedio.

- La migración de las prepupas es un proceso que se realizó en su mayoría en horas nocturnas cuando la temperatura fue menor a 26°C y la humedad mayor al 75%.
- *H. illucens* en todos sus instares larvales incluido el de prepupa busca sitios protegidos de la luz solar, por este motivo tanto las larvas como las prepupas deben ser mantenidas en un lugar oscuro para asegurar su desarrollo.
- Bajo las condiciones ambientales de Piedecuesta las prepupas de *H. illucens* tardaron 16 días en emerger después de su recolección a una temperatura de 26°C y a una humedad relativa del 76% en promedio.
- La disponibilidad de agua dentro de la jaula es indispensable para la reproducción de las moscas.
- Los imagos o adultos de la mosca soldado vivieron en promedio 7 días después de emerger de las pupas.
- El sistema usado en el cosechador de larvas elaborado por los estudiantes del proyecto auxiliar demostró ser eficiente para coleccionar las larvas cuando éstas empiezan su proceso migratorio es estado de prepupa, lo cual facilita enormemente las labores y permitirá su aplicación a escalas mayores de producción.

8. RECOMENDACIONES

- Debe hacerse un estudio más detallado sobre los requerimientos biológicos de la mosca en estado adulto para su reproducción en cautiverio con el fin de optimizar el proceso de obtención de huevos fértiles.
- Se deben evaluar otros sustratos para el mantenimiento de las larvas ya que los tamos y aserrines atrapan el agua y no permiten el drenaje de los lixiviados lo cual es perjudicial para el desarrollo de *H. illucens*.
- Hay que diseñar un sistema que permita una mejor distribución del agua dentro de la jaula, quizás a través de un sistema de riego por microaspersión que lleve el agua a todos los adultos sin llegar a ser perjudicial o excesiva.
- Para lograr una optimización en el proceso de producción de larvas deben estandarizarse los rangos óptimos de temperatura y humedad relativa en el desarrollo de *H. illucens* y por lo tanto se deben desarrollar sistemas que permitan controlar dichos factores para evitar la variabilidad propia del ambiente y mejorar la producción.
- Sería muy interesante llevar a cabo un estudio que permitiera determinar la velocidad de degradación que posee la larva de *H. illucens* en diferentes sustratos y evaluar su ganancia de materia seca, así como un estudio que permitiera establecer si el residuo del proceso realizado por las larvas tendría alguna utilidad en la agricultura.
- A futuro podría evaluarse la composición nutricional de las larvas en diferentes dietas y su aplicación en la alimentación de peces o gallinas, con el fin de generar un proceso industrial rentable y eficiente que pueda ser aplicado en granjas partiendo de los desechos orgánicos de la misma.

9. BIBLIOGRAFÍA

BONDARI, K. y SHEPPARD, D. 1981. "Soldier fly larvae as feed in commercial fish production". *Aquaculture*. 24: 103-109.

BONDARI, K. y SHEPPARD, D. 1987. "Soldier fly, *Hermetia illucens* L., larvae as feed for channel catfish, *Ictalurus punctatus* (Rafinesque), and blue tilapia, *Oreochromis aureus* (Steindachner)". *Aquaculture and Fisheries Management*. 18: 209-220.

BOOTH, D. y SHEPPARD, C. 1984. Oviposition of the Black Soldier Fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae): Eggs, Masses, Timing, and Site Characteristics. *Environmental Entomology*. 13: 421-423.

FURMAN, D.; YOUNG, R. y CATTS, P. 1959. *Hermetia illucens* (Linnaeus) as a Factor in the Natural Control of *Musca domestica* Linnaeus. *Journal of Economic Entomology*. 52(5): 917 - 921.

GOBBI, F. P., "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, Universidad de Alicante, España. (2012) p172.

GUTIERREZ ARANGO, G; RUIZ, R.; y VELEZ, H. 2004 "Análisis composicional, microbiológico y digestibilidad de la proteína de la harina de larvas de *Hermetia illucens* I (diptera: stratiomyiidae) en Angelópolis -Antioquia, Colombia." (Medellín: Universidad de Antioquia), 8p.

NEWTON, G.L.; BOORAM, C.V.; BARKER, R.W. y HALE, O.M. 1977. "Dried *Hermetia illucens* larvae as a supplement for swine". *Journal of animal science*. 44(3): 395 - 400.

NEWTON, G.L.; SHEPPARD, D.C.; WATSON, D.W.; BURTLE, G.; DOVE, R. 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. 17p.

NEWTON, G; SHEPPARD, C, THOMPSON, A, Y SAVAGE S. "The soldier fly, a beneficial insect: house fly control, manure volume reduction and nutrient recycling." (presented at the nuisance concerns in animal manure management: Odors and flies conference, Gainesville FL, University of Florida) p106-116.

SHEPPARD, C.; NEWTON, G. L., DAVIS, J, GASCHO, G, THOMPSON, S, SAVAGE, S. y BRAMWELL, K. 1998 "Using soldier flies as a manure management tool for volume reduction, house fly control and feedstuff production," (Southern Regional SARE Program), 86p.

SHEPPARD, C. 1983. House Fly and Lesser Fly Control Utilizing the Black Soldier Fly in Manure Management Systems for Caged Laying Hens. Environ. Entomol. 12: 1439 - 1442.

ST-HILAIRE, S "Fly Prepupae as a Feedstuff for Rainbow Trout, *Oncorhynchus mykiss*" *Journal of the World Aquaculture Society* 38 no. 1 (2007): 62

STUDT SOLANO, N, M. "Uso de larvas de mosca soldado negro (*Hermetia illucens*) para el manejo de residuos municipales orgánicos en el campus de la universidad earth, costa rica", Cartago (2010) p59.

TOMBERLIN, J. et. al. "Selected Life-History Traits of Black Soldier Flies (Diptera: Stratiomyidae) Reared on Three Artificial Diets," *Annual Entomological Society of America* 95(3)(2002): 379-386

10. WEBGRAFÍA

DIENER, S; ZURBRUGG, C; ROA GUTIERREZ, F; HONG NGUYEN, D; MOREL, A; KOOTTATEP, T y TOCKNER, K. "Black soldier fly larvae for organic waste treatment –prospects and constraints" [En línea]. Disponible en: http://www.academia.edu/2197169/BLACK_SOLDIER_FLY_LARVAE_FOR_ORGANIC_WASTE_TREATMENT-PROSPECTS_AND_CONSTRAINTS [Fecha de consulta: 30/04/2013]

NEWBY R, "Use of Soldier Fly in Organic Waste Management," message on "Compost and Soldier Fly" Mensaje publicado el 2 de Sep de 1997, Ibiblio digital library. [En línea]. Disponible en: <http://www.ibiblio.org/london/orgfarm/composting/Compost+Soldier-fly-larvae.txt> [Fecha de consulta: 13/04/2013]

NEWTON, L; SHEPPARD, C; WATSON, W; BURTLE, G; DOVE, R; "Using the black soldier fly, *Hermetia illucens*, as a value-added tool for the management of swine manure" [En línea]. Disponible en: http://www.cals.ncsu.edu/waste_mgt/smithfield_projects/phase2report05/cd,web%20files/A2.pdf [Fecha de consulta: 28/04/2013]

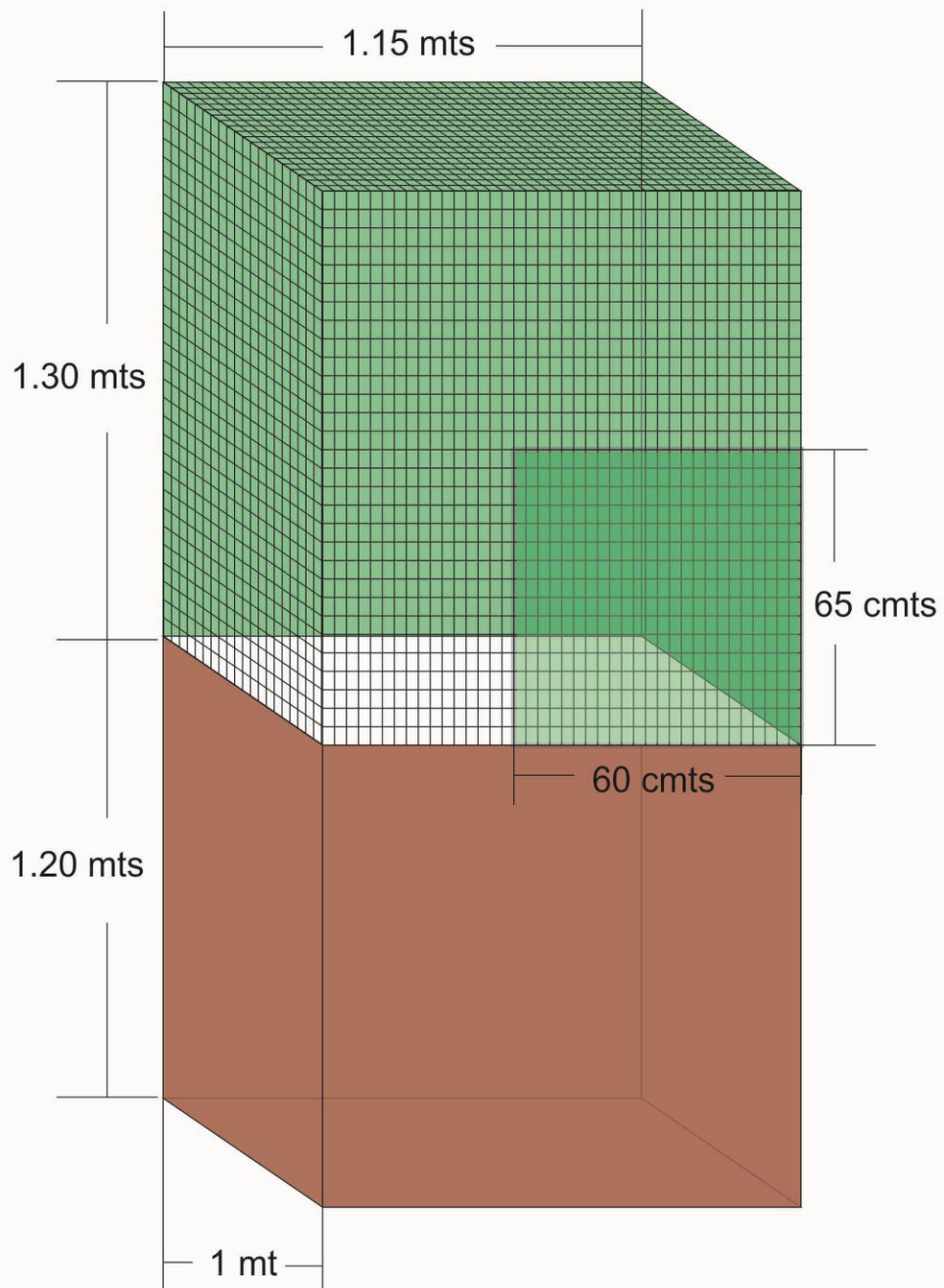
NEWTON, G. L.; SHEPPARD, C; WATSON, W; BURTLE, G; C. DOVE, R;. TOMBERLIN, J. Y THELEN, E. "The black soldier fly, hermetia illucens, as a manure management / resource recovery tool" [En línea]. Disponible en: http://www.cals.ncsu.edu/waste_mgt/natlcenter/sanantonio/Newton.pdf [Fecha de consulta: 30/04/2013]

M.E. DE HARO MARTÍ, M. CHAHINE y S. ST HILAIRE. "Alternative biological treatment of manure" [En línea]. Disponible en: <http://www.extension.uidaho.edu/nutrient/wastemanagement/PDF/20120614123829669.pdf> [Fecha de consulta: 28/04/2013]

S. A. Oke, K. O. Awofes “Cost analysis of the psychological effects of waste disposal” (Department of Mechanical Engineering, University of Lagos, Lagos, Nigeria, 2005), p4. [En línea]. Disponible en: <http://www.bioline.org.br/pdf?se06001>
[Fecha de consulta: 12/04/2013]

ANEXO A.

ESQUEMA DEL MOSCARIO



ANEXO B.

| REGISTRO VARIABLES DESARROLLO DE HUEVOS COLECTADOS | | | | |
|---|------------|------|-----|----------|
| FECHA | HORA | T° | H.R | ECLOSION |
| 01/04/2013 | 09:00 a.m. | 24°C | 80% | NO |
| 01/04/2013 | 03:00 p.m. | 25°C | 83% | NO |
| 02/04/2013 | 09:00 a.m. | 26°C | 78% | NO |
| 02/04/2013 | 03:00 p.m. | 28°C | 70% | NO |
| 03/04/2013 | 09:00 a.m. | 26°C | 77% | NO |
| 03/04/2013 | 03:00 p.m. | 28°C | 72% | NO |
| 04/04/2013 | 09:00 a.m. | 25°C | 80% | NO |
| 04/04/2013 | 03:00 p.m. | 28°C | 69% | NO |
| 05/04/2013 | 09:00 a.m. | 24°C | 92% | SI |
| 05/04/2013 | 03:00 p.m. | 29°C | 65% | SI |

ANEXO C.

| REGISTRO VARIABLES DESARROLLO DE LARVAS A PARTIR DEL 3 DÍA DE EDAD | | | | |
|---|------------|------|-----|------------|
| FECHA | HORA | T° | H.R | # MIGRARON |
| 07/04/2013 | 09:00 a.m. | 26°C | 77% | 0 |
| 07/04/2013 | 03:00 p.m. | 28°C | 72% | 0 |
| 08/04/2013 | 09:00 a.m. | 25°C | 80% | 0 |
| 08/04/2013 | 03:00 p.m. | 28°C | 69% | 0 |
| 09/04/2013 | 09:00 a.m. | 24°C | 92% | 0 |
| 09/04/2013 | 03:00 p.m. | 29°C | 65% | 0 |
| 10/04/2013 | 09:00 a.m. | 27°C | 70% | 0 |
| 10/04/2013 | 03:00 p.m. | 28°C | 68% | 0 |
| 11/04/2013 | 09:00 a.m. | 25°C | 80% | 0 |
| 11/04/2013 | 03:00 p.m. | 25°C | 83% | 0 |
| 12/04/2013 | 09:00 a.m. | 26°C | 78% | 0 |
| 12/04/2013 | 03:00 p.m. | 28°C | 70% | 0 |
| 13/04/2013 | 09:00 a.m. | 27°C | 80% | 0 |
| 13/04/2013 | 03:00 p.m. | 29°C | 65% | 0 |
| 14/04/2013 | 09:00 a.m. | 24°C | 87% | 0 |
| 14/04/2013 | 03:00 p.m. | 28°C | 69% | 0 |

| | | | | |
|------------|------------|------|-----|----|
| 15/04/2013 | 09:00 a.m. | 26°C | 79% | 0 |
| 15/04/2013 | 03:00 p.m. | 25°C | 83% | 0 |
| 16/04/2013 | 09:00 a.m. | 27°C | 75% | 0 |
| 16/04/2013 | 03:00 p.m. | 29°C | 67% | 0 |
| 17/04/2013 | 09:00 a.m. | 28°C | 73% | 0 |
| 17/04/2013 | 03:00 p.m. | 30°C | 64% | 0 |
| 18/04/2013 | 09:00 a.m. | 25°C | 81% | 0 |
| 18/04/2013 | 03:00 p.m. | 28°C | 67% | 0 |
| 19/04/2013 | 09:00 a.m. | 25°C | 80% | 0 |
| 19/04/2013 | 03:00 p.m. | 25°C | 83% | 0 |
| 20/04/2013 | 09:00 a.m. | 26°C | 78% | 22 |
| 20/04/2013 | 03:00 p.m. | 28°C | 70% | 0 |
| 21/04/2013 | 09:00 a.m. | 26°C | 77% | 62 |
| 21/04/2013 | 03:00 p.m. | 28°C | 72% | 0 |
| 22/04/2013 | 09:00 a.m. | 25°C | 80% | 76 |
| 22/04/2013 | 03:00 p.m. | 28°C | 69% | 0 |
| 23/04/2013 | 09:00 a.m. | 24°C | 92% | 53 |
| 23/04/2013 | 03:00 p.m. | 29°C | 65% | 0 |
| 24/04/2013 | 09:00 a.m. | 24°C | 87% | 46 |
| 24/04/2013 | 03:00 p.m. | 28°C | 69% | 0 |
| 25/04/2013 | 09:00 a.m. | 26°C | 79% | 17 |
| 25/04/2013 | 03:00 p.m. | 25°C | 83% | 0 |
| 26/04/2013 | 09:00 a.m. | 25°C | 80% | 0 |
| 26/04/2013 | 03:00 p.m. | 28°C | 69% | 0 |
| 27/04/2013 | 09:00 a.m. | 24°C | 92% | 4 |
| 27/04/2013 | 03:00 p.m. | 29°C | 65% | 0 |
| 28/04/2013 | 09:00 a.m. | 27°C | 70% | 0 |
| 28/04/2013 | 03:00 p.m. | 28°C | 68% | 0 |

ANEXO D.

| REGISTRO VARIABLES DESARROLLO 276 PUPAS DE MOSCA SOLDADO | | | | |
|---|------------|------|-----|--------------|
| FECHA | HORA | T° | H.R | # EMERGIERON |
| 25/04/2013 | 09:00 a.m. | 24°C | 80% | 0 |
| 25/04/2013 | 03:00 p.m. | 25°C | 83% | 0 |
| 26/04/2013 | 09:00 a.m. | 26°C | 78% | 0 |

| | | | | |
|------------|------------|------|-----|----|
| 26/04/2013 | 03:00 p.m. | 28°C | 70% | 0 |
| 27/04/2013 | 09:00 a.m. | 26°C | 77% | 0 |
| 27/04/2013 | 03:00 p.m. | 28°C | 72% | 0 |
| 28/04/2013 | 09:00 a.m. | 25°C | 80% | 0 |
| 28/04/2013 | 03:00 p.m. | 28°C | 69% | 0 |
| 29/04/2013 | 09:00 a.m. | 24°C | 92% | 0 |
| 29/04/2013 | 03:00 p.m. | 29°C | 65% | 0 |
| 30/04/2013 | 09:00 a.m. | 24°C | 87% | 0 |
| 30/04/2013 | 03:00 p.m. | 28°C | 69% | 0 |
| 01/05/2013 | 09:00 a.m. | 24°C | 87% | 0 |
| 01/05/2013 | 03:00 p.m. | 28°C | 69% | 0 |
| 02/05/2013 | 09:00 a.m. | 25°C | 79% | 0 |
| 02/05/2013 | 03:00 p.m. | 25°C | 83% | 0 |
| 03/05/2013 | 09:00 a.m. | 25°C | 80% | 0 |
| 03/05/2013 | 03:00 p.m. | 28°C | 69% | 0 |
| 04/05/2013 | 09:00 a.m. | 24°C | 92% | 0 |
| 04/05/2013 | 03:00 p.m. | 29°C | 65% | 0 |
| 05/05/2013 | 09:00 a.m. | 25°C | 81% | 0 |
| 05/05/2013 | 03:00 p.m. | 28°C | 67% | 0 |
| 06/05/2013 | 09:00 a.m. | 25°C | 80% | 0 |
| 06/05/2013 | 03:00 p.m. | 25°C | 83% | 0 |
| 07/05/2013 | 09:00 a.m. | 26°C | 78% | 0 |
| 07/05/2013 | 03:00 p.m. | 28°C | 70% | 0 |
| 08/05/2013 | 09:00 a.m. | 26°C | 77% | 0 |
| 08/05/2013 | 03:00 p.m. | 28°C | 72% | 0 |
| 09/05/2013 | 09:00 a.m. | 24°C | 92% | 0 |
| 09/05/2013 | 03:00 p.m. | 28°C | 65% | 0 |
| 10/05/2013 | 09:00 a.m. | 27°C | 70% | 0 |
| 10/05/2013 | 03:00 p.m. | 29°C | 68% | 5 |
| 11/05/2013 | 09:00 a.m. | 25°C | 80% | 10 |
| 11/05/2013 | 03:00 p.m. | 25°C | 83% | 29 |
| 12/05/2013 | 09:00 a.m. | 26°C | 78% | 35 |
| 12/05/2013 | 03:00 p.m. | 26°C | 70% | 38 |
| 13/05/2013 | 09:00 a.m. | 27°C | 80% | 47 |
| 13/05/2013 | 03:00 p.m. | 29°C | 65% | 39 |
| 14/05/2013 | 09:00 a.m. | 24°C | 87% | 28 |
| 14/05/2013 | 03:00 p.m. | 27°C | 69% | 12 |
| 15/05/2013 | 09:00 a.m. | 26°C | 78% | 2 |
| 15/05/2013 | 03:00 p.m. | 28°C | 70% | 0 |
| 16/05/2013 | 09:00 a.m. | 26°C | 77% | 0 |
| 16/05/2013 | 03:00 p.m. | 28°C | 72% | 0 |