

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO DE COSECHADOR DE
LARVAS DE MOSCA SOLDADO NEGRO,
Hermetia illucens, (DIPTERA: SARCOPHIDAE)
EN EL MUNICIPIO DE PIEDECUESTA, SANTANDER, COLOMBIA**

**INÉS ARDILA LIZARAZO
GERMAN DURANGO SILVA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
INSTITUTO DE PROYECCIÓN REGIONAL Y EDUCACIÓN A DISTANCIA
PRODUCCIÓN AGROINDUSTRIAL
BUCARAMANGA
2013**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO DE COSECHADOR DE
LARVAS DE MOSCA SOLDADO NEGRO,
Hermetia illucens, (DIPTERA: SARCOPHIDAE)
EN EL MUNICIPIO DE PIEDECUESTA, SANTANDER, COLOMBIA**

**INÉS ARDILA LIZARAZO
GERMAN DURANGO SILVA**

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

**Director
JORGE LIBARDO PINTO
Ingeniero Agrónomo**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
INSTITUTO DE PROYECCIÓN REGIONAL Y EDUCACIÓN A DISTANCIA
PRODUCCIÓN AGROINDUSTRIAL
BUCARAMANGA
2013**

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos:

A Dios, porque Él es quien da la sabiduría, y de su boca viene el conocimiento y la inteligencia.

Al Ingeniero Iván Darío Porras, por su guía y colaboración para hacer posible el presente proyecto

A nuestros compañeros Salomón Espinosa y Nelly Peña por su disposición y colaboración.

A nuestras familias por la paciencia y el tiempo que nos esperaron mientras lo invertíamos en nuestra preparación.

A todos los docentes y personal de la institución que nos brindaron su apoyo y conocimiento.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	14
1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	15
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
1.2 JUSTIFICACIÓN	16
1.3 OBJETIVOS	17
1.3.2 Objetivos específicos	18
2. MARCO DE REFERENCIA	19
2.1 MARCO CONTEXTUAL	19
2.2 MARCO TEÓRICO	21
2.2.1 Mosca soldado	21
2.2.2 Clasificación científica	21
2.2.3 Descripción de la especie	22
2.3 MARCO CONCEPTUAL	23
2.4.1 Cosechador o compostador tipo rústico (común)	25
2.4.2 Cosechador o compostador tipo BSF:	26
2.5 TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN RELACIONADOS	27
3. METODOLOGÍA	29
3.1 LOCALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN:	29
3.2 DESARROLLO DEL TRABAJO	30
3.2.1 Objetivo específico	30

3.2.2 Objetivo específico 2.....	30
3.2.3 Objetivo específico 3.....	31
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
4.1 OBJETIVO ESPECÍFICO 1.....	32
4.2 OBJETIVO ESPECÍFICO 2.....	34
4.3 OBJETIVO ESPECÍFICO 3.....	36
4.3.1 Diseño de prototipo	36
4.3.2 Construcción del prototipo	39
4.3.3 Análisis de costos de los tres tipos de cosechadores evaluados.....	41
5. CONCLUSIONES	43
6. RECOMENDACIONES.....	44
BIBLIOGRAFÍA.....	45
ANEXOS	43

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Adulto de la mosca soldado negro (<i>H. illucens</i> L.).....	21
Figura 2. Cosechadores o compostadores rústicos para cría de larvas de la mosca soldado negro.....	26
Figura 3. Cosechador o Compostador tipo BSF	27
Figura 4. Cavidad y fondo con rejilla del cosechador BSF.....	27
Figura 5. Localización geográfica de la Granja Educativa Experimental UIS “El Hangar” Piedecuesta, Santander.....	29
Figura 7. Cosechadores ó compostadores rústicos	32
Figura 8. Cosechadores ó compostadores de mediana tecnología	33
Figura 9. Cosechadores ó compostadores de tecnología avanzada.	33
Figura 10. Plano del cosechador	37
Figura 11. Parte interna del cosechador	38
Figura 12. Base de hierro sobre la cual se monta el cosechador	39
Figura 13 Prototipo de cosechador sin pintura (izquierda) con pintura anticorrosiva (derecha).	40
Figura 14. Cosechador totalmente terminado con recipientes para recolectar prepupas y lixiviados.....	40

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Evaluación del comportamiento migratorio de 300 larvas de la mosca soldado negro (<i>Hermetia illucens</i> L) en cosechador rústico.	34
Tabla 2. Evaluación del comportamiento migratorio de 300 larvas de la mosca soldado negro (<i>Hermetia illucens</i> L) en cosechador mediana tecnología.....	35
Tabla 3. Evaluación del comportamiento migratorio de las larvas de la mosca soldado negro (<i>Hermetia illucens</i> L) en cosechador prototipo ajustado.....	36
Tabla 4. Evaluación del costo de la cosechadora de la mosca soldado negro (<i>Hermetia illucens</i> L) en cosechador rústico	41
Tabla 5. Evaluación del costo de la cosechadora de la mosca soldado negro (<i>Hermetia illucens</i> L) en cosechador de tecnología intermedia	41
Tabla 6. Evaluación del costo de la cosechadora de la mosca soldado negro (<i>Hermetia illucens</i> L) en cosechador prototipo ajustado.	42

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Evaluación del comportamiento migratorio de 300 larvas de la mosca soldado negro (<i>Hermetia illucens</i> L) en cosechador rústico	48
Anexo B. Evaluación del comportamiento migratorio de 300 larvas de la mosca soldado negro (<i>Hermetia illucens</i> L) en cosechador de tecnología intermedia	50
Anexo C. Evaluación del comportamiento migratorio de las larvas de la mosca soldado negro (<i>Hermetia illucens</i> L) en cosechador prototipo ajustado.....	52

RESUMEN

TITULO: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO DE COSECHADOR DE LARVAS DE MOSCA SOLDADO NEGRO, *Hermetia illucens*, (DIPTERA: SARCOPHIDAE) EN EL MUNICIPIO DE PIEDECUESTA, SANTANDER, COLOMBIA.*

AUTORES:

Inés Ardila Lizarazo

Germán Durango Silva **

PALABRAS CLAVES: Cosechador, *Hermetia illucens*, residuos orgánicos, medio ambiente

DESCRIPCIÓN

Se diseñó y construyó un cosechador para larvas de mosca soldado negro *Hermetia illucens* L con el fin de producir y recolectar pre pupas de forma práctica y segura y a su vez contribuir indirectamente en los procesos de descomposición y manejo de residuos orgánicos. Para el diseño fue necesario hacer las consultas bibliográficas pertinentes, hacer evaluaciones de cosechadores rústicos que la literatura reporta y al mismo tiempo hacer los ajustes necesarios desde el punto de vista de tecnología intermedia y un prototipo más avanzado que resumiera efectividad, durabilidad y economía. Luego de realizarse el análisis correspondiente se observó que con el cosechador prototipo (diseño del trabajo) se logró una recuperación de larvas maduras del insecto (estado pre pupa) del 81% , con una mortalidad del solo 19%, mientras que en el cosechador de tecnología intermedia esta recuperación fue del 62%, con mortalidad del 38% y con el cosechador rústico la recuperación solo alcanzó el 40% y la mortalidad llegó al 60%. De otra parte al hacer análisis de costos se observó que a pesar de que el cosechador prototipo es más costoso, ofrece mayor durabilidad, es menos dispendioso y más práctico para su manejo y ofrece mayor seguridad para impedir el acceso de controladores naturales de la mosca soldado negro y otro animales dañinos. El diseño permitió tomar variable de temperatura, humedad relativa y llevar un control de la cantidad de larvas que migraban. Se logró determinar también la eficiencia de la larva en convertir los desechos orgánicos en alimento para su desarrollo, demostrando su utilidad en el manejo de residuos orgánicos y su contribución con un medio ambiente más limpio.

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

** Instituto de proyección regional y educación a distancia. Producción Agroindustrial
Director: Jorge Libardo Pinto, Ingeniero Agrónomo

ABSTRACT

TITLE: DESIGN AND CONSTRUCTION OF A HARVESTER MODEL OF BLACK SOLDIER FLY LARVA *Hermetia illucens* (Diptera: STRATIOMYIIDAE) IN THE MUNICIPALITY OF PIEDECUESTA, SANTANDER, COLOMBIA.*

AUTHORS:

Inés Lizarazo Ardila

Germán Durango Silva**

KEY WORDS: Harvester, *Hermetia illucens*, organic waste, environment

DESCRIPTION

Was designed and built a harvester for fly larvae soldier black soldier *Hermetia illucens* L to produce and collect pre pupae in practical and safe way and at the same time indirectly contribute to the processes of decomposition and organic waste management. The design was necessary to make the relevant bibliographical consultations; assessments of harvester's rustic literature reports and at the same time to make the necessary adjustments from the point of view of intermediate technology and a more advanced prototype that summarize effectiveness, durability and economy. Then carried out the corresponding analysis it was observed that prototype Cropper (design work) achieved a recovery of larvae mature insect (State pre pupa) 81%, with a mortality rate of only 19%, while in the Harvester of intermediate technology this recovery was 62%, with 38% mortality and with the rustic Harvester recovery only reached 40% and mortality reached 60%. On the other hand doing cost analysis was observed while the harvester prototype is more expensive, it offers greater durability, is less expensive and more practical for their management and offers greater security to prevent the black soldier fly natural drivers access and other harmful animals. The design allowed takes variable of temperature, relative humidity and keep track of the amount of larvae migrating. It was possible to also determine the efficiency of the larva to turn organic waste into food for their development, demonstrating its usefulness in organic waste management and its contribution to a cleaner environment.

* Research work for the degree of Agroindustrial Production Professional

|

** Institute regional projection and distance education. Agroindustrial Production
Director: Jorge Libardo Pinto, Agronomist

INTRODUCCIÓN

El ser humano siempre ha estado en esa constante búsqueda de mejorar su calidad de vida y realizar sus tareas de forma más rápida y eficiente; esto lo ha llevado a construir máquinas e instrumentos y a desarrollar tecnologías de gran envergadura que contribuyan no sólo con su bienestar, sino con el del medio ambiente. Sin embargo, ha sido una tarea de nunca acabar, a medida que la tecnología avanza, la contaminación también lo hace. Debido al mal manejo que se le dan a los residuos orgánicos e inorgánicos, producto de la industrialización y de las actividades propias del diario vivir.

La recolección, tratamiento y eliminación de los diferentes tipos de residuos, reducen el nivel de impacto negativo de los desechos sobre el medio ambiente y la sociedad. Lograr que desde nuestras comunidades se brinde una alternativa de procesamientos de los residuos orgánicos que ella misma produce, es dar un gran paso en la contribución del bienestar del medio ambiente. Y si a esto se le añade que de este proceso se puedan obtener productos para que sirvan como alimento para especies animales de granja, peces, etc. estaríamos agregándole un valor económico bien significativo; debido al costo elevado de los concentrados y alimentos para animales de granja.

La larva de la mosca soldado negro *Hermetia illucens* L. (Diptera: Stratiomyidae), procesan una gran variedad de material orgánico y pueden ser fácilmente cosechadas y utilizadas como un alimento animal rico en nutrientes. Además de esto, esta especie no requiere de un tratamiento previo a la materia orgánica, funciona como controlador biológico de otras moscas, reduce la cantidad de microorganismos patógenos en los residuos, reduce la cantidad de materia orgánica introducida rápidamente y genera un material utilizable para fertilización agrícola¹

Contextualizándonos en el proceso de producción de los estados de larva y prepupa de la mosca, *H. illucens* L, se planteó el presente proyecto de investigación que además de pretender optimizar procesos de manejo de los desechos orgánicos, enfoca sus acciones a diseñar y construir un contenedor o cosechador, de larvas de mosca soldado negro *Hermetia illucens* L, para que sirva como instrumento agroindustrial y pedagógico para la Granja Educativa Experimental “El Hangar” de propiedad de la Universidad Industrial de Santander.

1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El diseño y construcción de un modelo de cosechador o contenedor de larvas de la mosca soldado negro (*H. illucens* L) se define como un proceso agroindustrial que proporciona la evaluación de alternativas productivas, se constituye en un apoyo tecnológico en la comprensión y la intervención del fenómeno de la cría de insectos con destino al procesamiento de desechos orgánicos y la utilización de la proteína presente en aquellos que da soporte a las prácticas de planeación y producción agroindustrial.

El diseño y construcción de un modelo de cosechador o contenedor de larvas de la mosca soldado negro (*H. illucens* L) se compone de dos acciones investigativas que permiten cumplir ideas nacidas con anterioridad; en primer lugar se comparan modelos previamente diseñados para medir su efectividad en la producción de larvas y prepupas del insecto, en segundo lugar luego de algunas modificaciones de esos diseños construir un modelo que permita determinar opciones productivas y de esta manera el desarrollo de un ambiente de aprendizaje y toma de decisiones.

Como efectos derivados de la correcta utilización del cosechador, se espera que en la medida de su buen uso, se influya positivamente en las prácticas productivas agroindustriales y medioambientales, como también en el fortalecimiento de la economía de los pequeños y medianos productores.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En Colombia como en muchos otros países del mundo se han dirigido los esfuerzos tanto privados como gubernamentales al apoyo e implementación de sistemas de aprovechamiento de residuos orgánicos, principalmente biodigestores, compost y lombricultura, los cuales cumplen con las características de dar un tratamiento adecuado a los desechos y generar un producto útil económicamente importante para el productor. Estos sistemas se manejan a pequeña escala y contribuyen a aliviar una pequeña parte del problema generado por la basura.

La falta de planeación, innovación y emprendimiento para canalizar ideas a pequeña y mediana escala para el uso de herramientas tecnológicas y la

desvinculación de un enfoque sostenible y ecológico, como lo es la producción a gran escala de biomasa larvaria o pre-pupal para uso directo o en la elaboración de alimentos para la avicultura y la piscicultura, repercute de manera negativa sobre el complejo mundo de la agroindustria y la producción agropecuaria y por consiguiente disminuye la garantía del sostenimiento alimenticio y ambiental en el largo plazo.

Estos efectos en general se deben en gran parte a que tanto técnicos como productores no tienen a disposición un modelo productivo particularizado que permita la eliminación de residuos orgánicos mediante el empleo de larvas de la denominada mosca soldado negro (*H. illucens* L) que puede ofrecer excelentes resultados en el corto y mediano plazo, requiriendo por consiguiente la aplicación del conocimiento y desarrollo tecnológico en el diseño y construcción de instrumentos que faciliten la labor de cría del insecto a gran escala.

En el país aún es muy poco lo que se ha investigado en relación con la cría de la mosca soldado negro (*H. illucens* L) y los instrumentos mecánicos o físicos para lograrlo. De ahí surge la necesidad de diseñar y construir un cosechador o contenedor de larvas del insecto que permita que el proceso sea óptimo y a su vez asegure las mayores poblaciones del insecto en su estado de pre-pupa para que luego mediante su recolección pueda convertirse en un alimento rico en proteína para el consumo animal, especialmente aves y peces.

Lo anterior sustentas la necesidad de enfocar tecnológicamente la producción de larvas y pupas del insecto, por esto se considera que la situación problema abordada es la falta de un modelo formal de cosechador de larvas de la mosca soldado negro contextualizado dentro del manejo de residuos orgánicos y bajo las características ambientales, económicas y sociales particulares que garantice su utilización en el corto y mediano plazo.

1.2 JUSTIFICACIÓN

Actualmente a nivel mundial se presenta problema de residuos, que contaminan nuestro medio ambiente, en Colombia prevalecen los botaderos a cielo abierto, convirtiéndose en focos de proliferación de microorganismos patógenos e insectos plaga como la mosca doméstica. Sin contar que otra parte de desechos son arrojados a lotes baldíos, ríos, calles, lo que genera gran contaminación y obstrucción de drenajes y alcantarillas lo que conlleva a inundaciones.

El uso de organismos saprófitos como hongos, bacterias y lombrices para transformar la materia orgánica en un producto aprovechable es una aplicación biotecnológica importante en el campo del tratamiento de desechos, y dentro de éste el uso de insectos como agentes de transformación de materia orgánica en proteína de alto valor.

La larva de la mosca soldado negro *Hermetia illucens* L. (DIPTERA: STRATIOMYIDAE) presenta ventajas para el tratamiento de desechos orgánicos por sobre otras técnicas utilizadas. Sus larvas además pueden ser fácilmente cosechadas y utilizadas como un alimento animal rico en nutrientes. Por otra parte, 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, reduce la cantidad de materia orgánica introducida rápidamente y genera un material utilizable para fertilización agrícola.

La producción de proteína de insectos de alto valor es una opción muy atractiva para lograr un sistema económicamente viable de tratamiento de residuos orgánicos, generando productos con valor de mercado lo suficientemente alto como para mantener el sistema funcionando y generar ganancias. Esta opción se ha venido desarrollando desde hace ya muchos años, concentrándose en la cría de insectos comestibles tanto para humanos como para animales de finca.

Desde el punto de vista personal y académico se convierte en una opción para integrar los conocimientos, las habilidades, las destrezas y los valores y se manifiesten los elementos aprendidos a lo largo de la carrera y en el entorno social. Así se tendrá la capacidad para enfrentar un mundo laboral, competitivo y demostrar la capacidad que se tienen de aprender e integrarse factores de suma importancia para el desarrollo humano.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general. Diseñar y construir un modelo de cosechador de larvas de la mosca soldado negro (*Hermetia illucens* L.) que integre los principales factores influyentes en la dinámica poblacional del insecto en su estado de prepupa y a su vez sirva como instrumento agroindustrial emprendedor, y de aprendizaje en la Granja Educativa Experimental Educativa UIS-IPRED “El Hangar”, municipio de Piedecuesta, Santander

1.3.2 Objetivos específicos. Búsqueda de información y tecnología de diseño existente, para elaborar bosquejos y planos del cosechador de larvas de la mosca soldado negro que generalicen los principales factores que interactúan con la dinámica poblacional del insecto en sus estados de larva y prepupa.

Determinar mediante observaciones y evaluaciones periódicas el comportamiento migratorio de las larvas de tres modelos de cosechadores previamente diseñados, para asegurar la recolección del mayor número de individuos en su estado de prepupa.

Diseñar y Construir la cosechadora de larvas de la mosca soldado negro que resulte más eficiente, viable y sostenible en términos técnicos, económicos, sociales y ambientales que garantice su utilización en el corto y mediano plazo en la Granja Educativa Experimental UIS “El Hangar”.

2. MARCO DE REFERENCIA

La dependencia del hombre en la explotación de los recursos naturales, la necesidad de producir, innovar, emprender y el aprovechamiento de los recursos naturales y la concientización de la conservación ambiental han sido factores fundamentales en la generación del conocimiento y en la búsqueda e implementación de soluciones más seguras para disposición de desechos, siendo las opciones más ampliamente utilizadas los rellenos sanitarios y la incineración.

2.1 MARCO CONTEXTUAL

Antecedentes del invento (*Bioresource Technology* 50 (1994) 275-279), con gallinaza de jaula.

La eliminación de residuos orgánicos mediante el empleo de larvas de insectos, ha sido objeto de varios estudios, entre los que destacan los trabajos realizados por los investigadores Sheppard y Newton de la Universidad de Georgia (1994) que utilizaron gallinaza de jaula y pudín de cerdo respectivamente. De otra parte los investigadores P. Oliver y Warburton de la Universidad de Queensland (2000) que trabajaron sobre lodos de depuradora. Estos investigadores concluyeron que la tasa de conversión en biomasa y de eliminación de residuos depende de la especie empleada, el contenido de materia fácilmente biodegradable y de las condiciones empleadas para la bioconversión.

Además de la reducción en el volumen de los residuos, el empleo de larvas presenta ventajas adicionales: Schiffman, de la Universidad de Carolina del Norte (2005 Animal Waste Management Symposium) ha determinado que el tratamiento de purines de cerdo con larvas de mosca es la técnica más efectiva para la reducción de los malos olores. Mientras que Sheppard (*Environ. Entomol.* (1983) 12, 1439-42), describe que la eliminación de los residuos de gallina mediante larvas, evita la presencia de moscas domésticas.

Pese a que existen varios estudios sobre el proceso de eliminación de residuos mediante la cría en masa de insectos, únicamente hay un equipo patentado para llevar a cabo este proceso, en las Patentes de Paul Olivier US6579713 y US6391620 que describen un equipo para la cría en masa de insectos (preferentemente la *Hermetia Illucens*) en un compostador en continuo, con desplazamiento vertical descendente. El compost se retira por la parte inferior

mediante un sistema mecánico, mientras que las prepupas se retiran por la parte superior mediante rampas.

Esto es debido a que las larvas se sitúan únicamente en una capa superficial, comprendida entre 2 y 5 centímetros, debido a que a mayor profundidad no existe oxígeno, de manera que el rendimiento del digestor resulta limitado a esta pequeña porción superior del mismo, y además las larvas o prepupas no pueden ser extraídas por la zona inferior del mismo, dado que para ello tendrían que atravesar una zona carente de oxígeno donde obviamente morirían.

A nivel mundial, se han realizado estudios sobre la mosca soldado negra, *Hermetia illucens*, como alternativa para alimento de aves de corral, debido a que las larvas, tienen la capacidad natural de alimentarse de residuos orgánicos, incluido el estiércol. Desde hace dos años, científicos de la Universidad de Alicante (UA) están probándolas para procesar las heces de animales de parques zoológicos.

Los investigadores, coordinados por el profesor Santos Rojo, acaban de presentar los resultados de un estudio desarrollado en una planta piloto de Terra Natura (Benidorm) donde las larvas de esta mosca han procesado y eliminado cerca del 90% de los excrementos producidos por los animales del parque. El restante 10% de la materia orgánica es convertido en compost ecológico.

Para ello, el grupo de investigación Bionomía, Sistemática e Investigación Aplicada en Insectos de la UA, junto a la empresa Flysoil S.L., ha logrado producir a escala industrial moscas de esta especie de origen tropical, naturalizada en la región mediterránea desde los años '60 del siglo pasado.

En Colombia, no se conoce tecnologías, ni maquinaria para criar larva de mosca soldado negra *Hermetia illucens* a nivel industrial, se sabe que en el valle del Cauca, más exactamente en el SENA Centro Agropecuario de Buga, se hizo el experimento con el Profesor Rodrigo Arango. También en el SENA CLEN de la ciudad de Tuluá alimentan gallinas con este método, pero no presentan maquinaria especializada. .

A nivel del departamento de Santander y del municipio de Piedecuesta no se tiene conocimiento de ningún tipo de cosechadores o maquinaria para cosechar de larvas de mosca soldado negra *H. illucens* L.

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 Mosca soldado. La mosca soldado negra es una especie de díptero braquícero de la familia Stratiomyidae, originaria de América, pero que se ha extendido por el sur de Europa, África, Asia e islas del Pacífico (Figura 1)

Figura 1. Adulto de la mosca soldado negro (*H. illucens* L.)



2.2.2 Clasificación científica

Reino:	<i>Animalia</i>
Filo:	<i>Arthropoda</i>
Clase:	<i>Insecta</i>
Orden:	<i>Diptera</i>
Suborden:	<i>Brachycera</i>
Infraorden:	<i>Stratiomyomorpha</i>
Familia:	<i>Stratiomyidae</i>
Subfamilia:	<i>Hermetiinae</i>
Género:	<i>Hermetia</i>
Especie:	<i>H illucens</i> L.

2.2.3 Descripción de la especie. La llamada Mosca Soldado Negro es un díptero de la familia Stratiomyidae, género *Hermetia*. 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 (Copello 1926, Booth y Sheppard 1984).

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 (Copello 1926, Booth y Sheppard 1984). 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 (Copello 1926, Sheppard et al. 1994).

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 (Copello 1926, Sheppard et al. 1994).

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 anteposteriores color violeta (Copello 1926).

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 (Copello 1926).

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 (Copello 1926).

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 (Copello 1926).

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 (Copello 1926).

2.3 MARCO CONCEPTUAL

Conceptos a tener en cuenta para la comprensión y desarrollo de la investigación.

Humedad relativa:

La humedad relativa hace referencia a la cantidad de agua que contiene un aire respecto al máximo que podría tener

La humedad relativa en el medio ambiente es una cantidad numérica que indica el cociente entre en la humedad absoluta del medio ambiente y la cantidad máxima de vapor de agua que admite el aire por unidad de volumen, esta cantidad se mide en porcentaje de humedad relativa (%) y su valor está normalizado de tal forma que la humedad relativa máxima posible del medio ambiente es del 100%, la determinación del valor de la humedad relativa del medio ambiente está muy ligada a la temperatura del medio ambiente en el momento de la medición, por lo que es común considerar y realizar la medición de ambas variables al mismo tiempo.

Imago:

Es el último estadio del desarrollo de un insecto, después de su última ecdisis, ya sea a partir de la ninfa (metamorfosis incompleta) o después de emerger de la pupa (metamorfosis completa). Así, éste es el único estadio durante el cual el insecto es sexualmente maduro y presenta alas funcionales en el caso de los insectos alados (Pterygota). El imago es con frecuencia referido como el estadio **adulto**.

Impacto ambiental:

Es el efecto que produce una acción sobre el medio ambiente en sus distintos aspectos. El concepto puede extenderse, con poca utilidad, a los efectos de un fenómeno natural catastrófico.

Instar:

También denominado "Estadio" y es cada etapa en el desarrollo de los artrópodos, como insectos, crustáceos, etc., hasta llegar a la madurez sexual....

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.

Abono orgánico:

El **abono orgánico** es un fertilizante que proviene de animales, humanos, restos vegetales de alimentos, restos de cultivos de hongos comestibles u otra fuente orgánica y natural.

Ambiente:

Por su parte, el ambiente (al que también llamamos medio ambiente) son todos aquellos factores que nos rodean (vivos y no vivos) que afectan directamente a los organismos (como nosotros).

Basura:

Residuos desechados y otros desperdicios, que revueltos entre sí provocan contaminación, enfermedad y pérdida de recursos naturales.

Basurero:

Sitio en donde se arroja y amontona la basura o residuos sólidos, sin que se adopten medidas de protección del medio ambiente.

Biodegradable:

Dicho de un compuesto químico: Que puede ser degradado por acción biológica

Compostaje:

Elaboración de compost, a través de un proceso de reciclaje completo de la materia orgánica mediante el cual ésta es sometida a fermentación en estado sólido, controlada (aerobia) con el fin de obtener un producto estable, de características definidas y útil para la agricultura.

Contaminación:

Alterar nocivamente la pureza o las condiciones normales de una cosa o un medio por agentes químicos o físicos.

Contaminación ambiental:

Introducir al medio cualquier factor que anule o disminuya la función biótica.

Eclosionado:

Salir la cría de su huevo o la crisálida de su capullo, rompiendo la pared de este.

2.4 COSECHADORES O COMPOSTADORES PARA CRÍA DE MOSCAS SOLDADO

2.4.1 Cosechador o compostador tipo rústico (común). Consiste en la utilización de canecas plásticas de 55 galones o bandejas plásticas de buena capacidad, donde se deposita el material orgánico a descomponer, para evitar la acción de agentes externos se cubre con una malla fina. El fondo de la caneca tiene perforaciones y existe una rejilla hecha en material degradable que sirve como filtro para permitir el flujo de los lixiviados, en igual forma se colocan en los laterales de la caneca unas ramplas para cuando las larvas busquen lugares secos para pasar a su estado de prepupa sean colectadas en recipientes plásticos y darles el uso que se requiera en la alimentación animal. Los compostadores pueden estar expuestos a los rayos solares o pueden estar protegidos bajo una cubierta. Siempre están colocados sobre una base a unos 50 cm de altura sobre el suelo para evitar la acción de animales y poder colocar recipientes para la colección de las prepupas y recoger los lixiviados (Figura 2).

Figura 2. Cosechadores o compostadores rústicos para cría de larvas de la mosca soldado negro.



2.4.2 Cosechador o compostador tipo BSF: Este diseño se basa en una típica cubeta de 5 galones con tapa, y otras fáciles de encontrar como lo son las cajas que contienen elementos de hardware. El tamaño del compostador de desechos orgánicos o cosechador de larvas de la mosca soldado negro es ideal para pequeñas cantidades de basura, ya que se puede mover muy fácilmente, es menos susceptible de recargar con restos de comida (Figura 3).

La cubeta está cubierta por una tapa con algunas ranuras para asegurar ventilación, el color es blanco con el fin de mantener el recipiente lo más fresco posible, cuando está expuesta a la acción directa de los rayos solares. La tapa está asegurada muy bien para evitar la presencia de ratas o cualquier otra clase animal que busque desperdicios. En el centro de la tapa se coloca una válvula en forma de T construida en tubo PVC para propiciar el escape de los gases producto de la descomposición del material orgánico.

Figura 3. Cosechador o Compostador tipo BSF



En el fondo de la cubeta se coloca una rejilla como especie de filtro con el propósito de permitir el flujo de los lixiviados al fondo y ser drenados mediante una manguera ubicada en la parte inferior. La función más importante de un BSF compostador es que drene el exceso de líquidos rápida y completamente para evitar malos olores (Figura 4).

Figura 4. Cavidad y fondo con rejilla del cosechador BSF



2.5 TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN RELACIONADOS.

No son muchos los estudios sobre la temática biológica de la mosca soldado negro, pero relativamente pocos en la construcción de cosechadores.

Sheppard et al. 2002, Diener et al. 2009, afirman que las larvas en estado de prepupa abandonan el sitio de alimentación en busca de una zona seca donde transformarse en pupa, su recolección se puede llevar a cabo simplemente manipulando esta migración mediante la implementación de rampas y canales en los modelos de cosechadores que conduzcan a recipientes de colecta. Adicionalmente, en esta etapa las larvas limpian sus intestinos de desechos y cuentan con un máximo de energía almacenada, lo que la hace ideal para su aprovechamiento como alimento animal (Sheppard et al. 1994)

Con el fin de establecer métodos adecuados de reproducción y crianza, Sheppard et al. (2002), analizaron conductas reproductivas de las moscas en condiciones de cautiverio, logrando una buena reproducción en una jaula de cedazo de 2x2x4m, con suficiente espacio aéreo para que se diera la reproducción, siendo importante la presencia de agua y luz solar..

Una vez obtenidos los huevos se puede usar gran variedad de materiales como alimento para la cría de las larvas, entre ellos diversos tipos de residuos orgánicos. Estudios con desechos como broza de café, gallinaza, cerdaza, desechos de palma aceitera y residuos del procesamiento de pescado han demostrado la versatilidad de este organismo para adaptarse a diferentes medios con excelentes resultados (Lardé 1989, Newton et al. 2005)

Bajo condiciones ideales, las larvas tardan dos semanas en alcanzar el estado de prepupa, pero si hay limitaciones de alimento este período se puede extender hasta por cuatro meses (Furman et al. 1959). Esta habilidad para extender el estado larval en respuesta a la disponibilidad de alimento es útil en el manejo de poblaciones silvestres, para la producción a largo plazo y para adaptar y comenzar nuevas poblaciones (Sheppard et al. 1994).

3. METODOLOGÍA

El presente trabajo está basado en un estudio experimental descriptivo que pretende comprobar la eficiencia de tres prototipos de cosechador de larvas de la mosca soldado negro *Hermetia illucens* L. y con base en esta información hacer los ajustes necesarios al modelo que presente las mejores ventajas desde el punto de vista técnico y económico.

3.1 LOCALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN:

El trabajo de diseño y construcción del cosechador de larvas de la mosca soldado negro o compostador de desechos orgánicos se desarrolló en predios de la Granja Educativa “El Hangar” de propiedad de la Universidad Industrial de Santander “UIS”. El centro experimental se localiza 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 1230 horas anuales y precipitación promedia anual de 1500 milímetros (Figura 5).

Figura 5. Localización geográfica de la Granja Educativa Experimental UIS “El Hangar” Piedecuesta, Santander



3.2 DESARROLLO DEL TRABAJO

3.2.1 Objetivo específico 1. Búsqueda de información y tecnología de diseño existente, para elaborar bosquejos y planos del cosechador de larvas de la mosca soldado negro que generalicen los principales factores que interactúan con la dinámica poblacional del insecto en sus estados de larva y pre-pupa.

En el diseño de cualquier elemento o instrumento que se proyecte a ser utilizado en el campo agroindustrial debe existir una profunda interacción entre sus factores, ya sea físicos, mecánicos, químicos, biológicos, económicos, sociales y ambientales, además de otros comportamientos no lineales en su dinámica productiva, por lo que es preciso ajustar los modelos desde la globalidad de los diseños hasta la determinación de sus características específicas.

Con base en la anterior observación se consideró el trabajo a desarrollar, desde la dinámica del diseño agroindustrial, y la biología y comportamiento de la mosca soldado negro, para lo cual se buscó a través de la internet y las bibliotecas especializadas de la ciudad, bosquejos de modelos de compostadores o cosechadores de larvas de la mosca soldado negro. Todos estos bosquejos fueron analizados detenidamente antes de definir cualquier acercamiento al modelamiento y diseño ideales.

Una vez obtenida esta información se procedió a establecer una metodología general asumida para el desarrollo del diseño y su evaluación, basada en modelos de cosechadores de larvas, ideados, como iniciativa para mejorar el proceso de transformación de residuos llevado a cabo por las larvas de *H. illucens* y de esta forma facilitar el proceso de cosecha de larvas. Además se tuvieron en cuenta los estudios sobre la biología, hábitos y comportamiento del insecto bajo condiciones de cría, realizados por los investigadores, Copello, 1926; Sheppard et al. 1994; Newton, et al 2005.

3.2.2 Objetivo específico 2. Determinar mediante observaciones y evaluaciones periódicas el comportamiento migratorio de las larvas de tres modelos de cosechadores previamente diseñados, para asegurar la recolección del mayor número de individuos en su estado de prepupa.

De acuerdo con los resultados del objetivo específico anterior, se determinaron y escogieron tres modelos o tipos de cosechadores a saber: Cosechador de larvas de mosca soldado negro o compostador de material orgánico rústico o común,

cosechador BSF (biotop) y cosechador tipo Black Soldier Fly Farming ajustado, para determinar el comportamiento migratorio diario de las larvas en su estado prepupal por el término de 20 días (Figura 6).

Figura 6. Prototipos de cosechadores evaluados. (Fuente internet)



En cada modelo se colocó alimento consistente en una mezcla de tamo de arroz y desechos vegetales de patilla y tomate. Este sustrato se inoculó con 300 larvas de la mosca soldado negro (*H. illucens* L) con una semana de eclosionadas las cuales fueron cedidas por los estudiantes-investigadores Salomón Espinosa y Marcellly Peña de La Universidad Industrial de Santander. A estas larvas se les realizó el seguimiento diario midiendo las variables temperatura, humedad relativa y cantidad de migración de larvas maduras por día, en los horarios 9 A.M y 3 P.M. Después de los 20 días se realizó el conteo total de larvas migratorias, para realizar las respectivas comparaciones entre los cosechadores evaluados.

3.2.3 Objetivo específico 3. Diseñar y Construir la cosechadora de larvas de la mosca soldado negro que resulte más eficiente, viable y sostenible en términos técnicos, económicos, sociales y ambientales que garantice su utilización en el corto y mediano plazo en la Granja Educativa Experimental UIS “El Hangar”.

Una vez evaluados los prototipos de cosechadores y teniendo como base los resultados obtenidos en el objetivo anterior se procedió a desarrollar el prototipo ajustado y con las modificaciones pertinentes, buscando eficiencia, economía, seguridad y durabilidad. Para tal fin se calcularon los costos de cada uno de los prototipos y se realizó el diseño correspondiente.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 OBJETIVO ESPECÍFICO 1.

Búsqueda de información y tecnología de diseño existente, para elaborar bosquejos y planos del cosechador de larvas de la mosca soldado negro que generalicen los principales factores que interactúan con la dinámica poblacional del insecto en sus estados de larva y pre-pupa.

La literatura y el internet reportan muchos prototipos de cosechadores de larvas ó compostadores de material orgánico, su eficiencia, durabilidad costos y perspectivas se acomodan a las condiciones empresariales y situación de cada caso en particular. Existen muchos modelos y prototipos desde los más rústicos hasta los más sofisticados (Figuras 7, 8 ,9)). Esta revisión y búsqueda de información dio las bases fundamentales para el desarrollo del trabajo, el diseño y la construcción del cosechador.

Figura 7. Cosechadores ó compostadores rústicos



Figura 8. Cosechadores ó compostadores de medina tecnología



Figura 9. Cosechadores ó compostadores de tecnología avanzada.



4.2 OBJETIVO ESPECÍFICO 2.

Determinar mediante observaciones y evaluaciones periódicas el comportamiento migratorio de las larvas de tres modelos de cosechadores previamente diseñados, para asegurar la recolección del mayor número de individuos en su estado de prepupa.

Las tablas 1, 2 y 3 muestran los resultados obtenidos al evaluar tres modelos de cosechadores de larvas de la mosca soldado negro (*H. illucens* L) y su comportamiento de acuerdo a las variables temperatura y Humedad relativa, como se puede observar las características del tipo de cosechador influyen notoriamente en la migración de larvas maduras para llegar al estado de prepupa. Al hacer el análisis correspondiente se observa que durante los 15 primeros días aunque hay variaciones no muy significativas de la temperatura y la humedad relativa presentes dentro del cosechador, la migración de larvas es nula para los tres tipos de cosechadores, lo que coincide con las afirmaciones de (Furman et al. 1959 y Sheppard et al. 1994. De que bajo condiciones ideales, las larvas tardan dos semanas en alcanzar el estado de prepupa, pero si hay limitaciones de alimento este período se puede extender hasta por cuatro meses.

Tabla 1. Evaluación del comportamiento migratorio de 300 larvas de la mosca soldado negro (*Hermetia illucens* L) en cosechador rústico.

Día	Fecha	Hora	Temperatura C°	Humedad relativa (%)	Cantidad migración/día	Total larvas
01 al 15	25 – 04 -2013	09:00 a.m.	26.31 °C	77%	0	0
	10 – 05 -2013	03:00 p.m.				
17	11 – 05 -2013	09:00 a.m.	25°C	80%	3	3
	11 – 05 -2013	03:00 p.m.	25°C	83%	9	12
18	12 – 05 -2013	09:00 a.m.	26°C	78%	13	26
	12 – 05 -2013	03:00 p.m.	26°C	70%	20	46
19	13 – 05 -2013	09:00 a.m.	27°C	80%	22	68
	13 – 05 -2013	03:00 p.m.	29°C	65%	35	93
20	14 – 05 -2013	09:00 a.m.	27°C	87%	18	111
	14 – 05 -2013	03:00 p.m.	27°C	69%	9	120

Fuente: Autores

A partir de los 16 días después de la inoculación se presenta un movimiento continuo de larvas que van madurando buscando lugares más secos para entrar al estado de pupa. Es importante anotar que la temperatura y la humedad relativa dentro de los cosechadores presentan variaciones por efecto de la descomposición del material utilizado como sustrato.

Tabla 2. Evaluación del comportamiento migratorio de 300 larvas de la mosca soldado negro (*Hermetia illucens* L) en cosechador mediana tecnología.

Día	Fecha	Hora	Temperatura C°	Humedad Relativa (%)	Cantidad migración/día	Total larvas
1 al 15	25 – 04 -2013	09:00 a.m.	27.5°C	75%	0	0
	09 – 05 -2013	03:00 p.m.				
16	10 – 05 -2013	09:00 a.m.	27°C	70%	0	0
	10 – 05 -2013	03:00 p.m.	29°C	68%	4	4
17	11 – 05 -2013	09:00 a.m.	25°C	80%	10	14
	11 – 05 -2013	03:00 p.m.	25°C	83%	21	35
18	12 – 05 -2013	09:00 a.m.	28°C	78%	30	65
	12 – 05 -2013	03:00 p.m.	29°C	70%	33	98
19	13 – 05 -2013	09:00 a.m.	29°C	80%	35	133
	13 – 05 -2013	03:00 p.m.	29°C	65%	24	167
20	14 – 05 -2013	09:00 a.m.	24°C	87%	10	177
	14 – 05 -2013	03:00 p.m.	27°C	69%	10	187

Fuente: Autores

Las tablas 1, 2 y 3 también indican diferencias en cuanto al número de larvas que migran, como se puede observar hay una mayor recuperación de larvas maduras en el cosechador ajustado (81%) y diseñado dentro del trabajo si lo comparamos con el cosechador tipo mediana tecnología (62,3%) y el cosechador rústico (40%). Estos resultados pueden explicarse de que en el cosechador rústico hay menos posibilidades de ventilación en comparación con el cosechador de mediana tecnología y el cosechador propuesto. De otra parte los resultados indican que la mortalidad de larvas es mayor en el cosechador rústico con el 60%, mientras que en el cosechador de mediana tecnología es del 37,3% y la del cosechador ajustado y que se propone en el trabajo solo representa el 19 % de mortalidad. La explicación puede estar manifiesta en la emisión de altos

contenidos de gases por efecto de la descomposición del sustrato que por falta de una suficiente ventilación y escape de estos gases actúa indirectamente para que haya ese grado de mortalidad en el cosechador rústico.

Tabla 3. Evaluación del comportamiento migratorio de las larvas de la mosca soldado negro (*Hermetia illucens* L) en cosechador prototipo ajustado.

Día	Fecha	Hora	Temperatura C°	Humedad relativa (%)	Cantidad migración/día	Total larvas
1 al 15	25 – 04 -2013	09:00 a.m.	26.31°C	77%	0	0
	10 – 05 -2013	03:00 p.m.				
16	10 – 05 -2013	09:00 a.m.	27°C	70%	0	0
	10 – 05 -2013	03:00 p.m.	29°C	68%	5	5
17	11 – 05 -2013	09:00 a.m.	25°C	80%	10	15
	11 – 05 -2013	03:00 p.m.	25°C	83%	29	44
18	12 – 05 -2013	09:00 a.m.	26°C	78%	35	79
	12 – 05 -2013	03:00 p.m.	28°C	70%	38	117
19	13 – 05 -2013	09:00 a.m.	28°C	80%	47	164
	13 – 05 -2013	03:00 p.m.	29°C	65%	39	203
20	14 – 05 -2013	09:00 a.m.	29°C	87%	28	231
	14 – 05 -2013	03:00 p.m.	24°C	69%	12	243

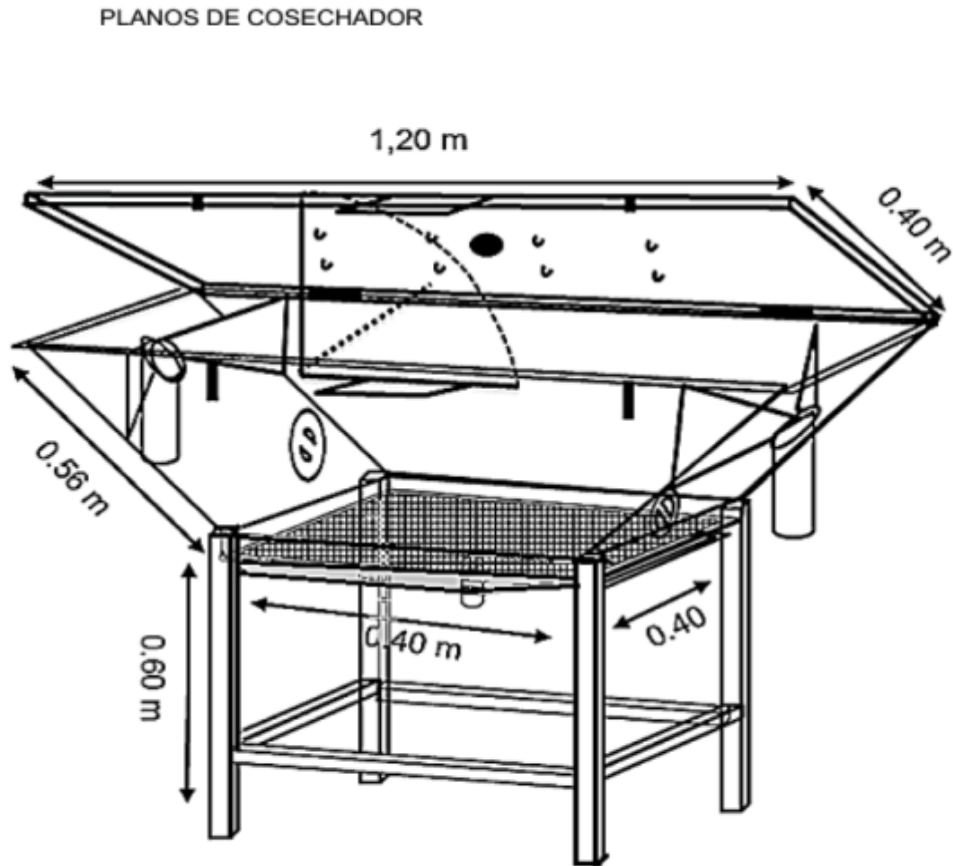
Fuente autores

4.3 OBJETIVO ESPECÍFICO 3.

Diseñar y Construir la cosechadora de larvas de la mosca soldado negro que resulte más eficiente, viable y sostenible en términos técnicos, económicos, sociales y ambientales que garantice su utilización en el corto y mediano plazo en la Granja Educativa Experimental UIS “El Hangar”.

4.3.1 Diseño de prototipo. De acuerdo con los resultados obtenidos en el proceso de evaluación de cosechadores, se diseñó un plano de cosechador ajustado para dar las condiciones más ideales en cuanto a alimentación, temperatura, humedad relativa para el desarrollo de las larvas y con las especificaciones técnicas que permitieran la migración de larvas maduras (Figura 10).

Figura 10. Plano del cosechador



El cosechador diseñado tiene las siguientes características: Recipiente rectangular con dos paredes inclinadas como rampas, doble fondo, ya que en la parte de abajo se instalan los ventiladores uno a cada lado para darle más ventilación al proceso de cría de las larvas y descomposición del material orgánico utilizado como sustrato, Las medidas son : 1,2 m de largo por 0.40 m de ancho, 0.56 m de profundidad y 35° grados de inclinación en ambas rampas, construidas en lámina galvanizada (Figura 11). Presenta en el fondo una 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 entreabierta y permita el ingreso de más moscas soldado.

Una característica esencial de cualquier diseño de cosechador es la prestación de algún tipo de "rampa" las larvas maduras pueden utilizar para salir del medio de alimentación. La pendiente no debe ser mayor de 45 grados. Las larvas se van arrastrando por la rampa para lanzarse al espacio, suponiendo que van a caer en el suelo, donde pueden esconderse y empupar.

Al final de cada rampa se colocaron dos tubos de hierro delgado de 45 cm de largo por 3" de diámetro, que se reducen al final en 2 pulgadas con una abertura de 0.05 m x 0.80 m al final de la rampa, para permitir el ingreso de prepupas. A cada extremo de estos tubos se colgaron mangueras plásticas de 2 pulgadas plásticas que caen en un recipiente plástico con tapa para recibir las larvas en estado de prepupa.

Figura 11. Parte interna del cosechador



El cosechador va montado sobre una base de hierro a una altura de 0.60 m para evitar la acción de animales (Figuras 12).

Figura 12. Base de hierro sobre la cual se monta el cosechador



4.3.2 Construcción del prototipo. El cosechador a construir, será de lámina galvanizada, amplio con una altura de 1,10 m. Práctico de fácil manejo y pintado en base anticorrosiva y pintura de acabado, con el fin de que no se dañe por la humedad. Además tendrá patas reforzadas en ángulo, las cuales se podrán quitar para transportarlo de un lugar a otro (Figura 13).

En su interior lleva malla galvanizada doble, con el fin de que no se salga la larva, además resistente y con doble fondo, con una inclinación de 35°C para facilitar la migración de la larva y caiga al contenedor donde se recogerá para su utilización como alimento.

Figura 13 Prototipo de cosechador sin pintura (izquierda) con pintura anticorrosiva (derecha).



La figura 14 muestra el cosechador totalmente terminado, con todos sus acabados y el recipiente donde se colectan las prepupas de la mosca para su posterior uso ya sea como alimento de aves o de peces principalmente.

Figura 14. Cosechador totalmente terminado con recipientes para recolectar prepupas y lixiviados.



4.3.3 Análisis de costos de los tres tipos de cosechadores evaluados. El análisis de costos de los tres tipos de cosechadores evaluados se presenta en las tablas 4, 5, 6. Como puede observarse el costo del cosechador diseñado difiere significativamente en relación con los otros dos cosechadores evaluados (Tablas 4, 5, 6).

Tabla 4. Evaluación del costo de la cosechadora de la mosca soldado negro (*Hermetia illucens* L) en cosechador rústico

Canecas de plástico	2	\$ 50.000	\$ 100.000
Mano de obra		\$ 50.000	\$ 50.000
Manguera	1	\$ 5.000	\$ 5.000
Madera triple	2	\$ 5.000	\$ 10.000
Parilla enmallada	1	\$ 6.000	\$ 6.000
Reducciones	2	\$ 10.000	\$ 20.000
Total			\$ 191.000

Fuente: Autores

Al hacer el análisis económico correspondiente el cosechador rústico de tecnología intermedia resulta ser el 43.4% menos costoso que el cosechador prototipo propuesto en el trabajo y a su vez el 11.5% menos que el cosechador rústico, lo que le da una ventaja comparativa amplia en relación con el primero de los cosechadores.

Tabla 5. Evaluación del costo de la cosechadora de la mosca soldado negro (*Hermetia illucens* L) en cosechador de tecnología intermedia

Material	Cant	Valor unitario	Valor total
Cubeta y cajas plásticas	4	\$ 5.000	\$ 20.000
Ángulos $\frac{3}{4}$ "	2	\$ 15.000	\$ 30.000
Tubo PVC $\frac{1}{2}$ x $\frac{1}{2}$	1	\$ 18.000	\$ 18.000
Mano de obra		\$ 50.000	\$ 50.000
Manguera	1	\$ 5.000	\$ 5.000
Parilla enmallada	1	\$ 6.000	\$ 6.000
Extractores	1	\$ 40.000	\$ 40.000
Total			\$ 169.000

Fuente: Autores

Si hacemos referencia a la eficiencia, durabilidad y capacidad de procesamiento es determinante que el cosechador prototipo propuesto presenta las mayores ventajas comparativas. También tiene su ventaja en relación con su seguridad para resistir la investida de animales presentes en los sitios donde se va a utilizar.

Tabla 6. Evaluación del costo de la cosechadora de la mosca soldado negro (*Hermetia illucens* L) en cosechador prototipo ajustado.

Material	Cant	Valor unitario	Valor total
Lámina galvanizada # 18	1	\$ 45.000	\$ 45.000
Ángulos ¾"	2	\$ 15.000	\$ 30.000
Tubo cuadrado ½ x ½	1	\$ 18.000	\$ 18.000
Mano de obra		\$ 120.000	\$ 120.000
Pintura anticorrosiva base	1	\$ 20.000	\$ 20.000
Pintura de acabado	1	\$ 25.000	\$ 25.000
Manguera	1	\$ 5.000	\$ 5.000
Madera triple	2	\$ 5.000	\$ 10.000
Parilla enmallada	1	\$ 6.000	\$ 6.000
Reducciones	2	\$ 10.000	\$ 20.000
Bisagras	2	\$ 5.000	\$ 10.000
Extractores	2	\$ 40.000	\$ 80.000
Total			\$ 389.000

Fuente: Autores

5. CONCLUSIONES

El cosechador diseñado con base en el mejoramiento de los sistemas rústicos resultó ser el más eficiente para colectar las larvas, en comparación con el cosechador tipo rústico y el tipo de tecnología intermedia (mediana tecnología)

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.

En cuanto al comportamiento de las larvas en relación con su migración resulto ser mejor en el cosechador tipo C ya que se logró la recuperación de 243 pre-pupas que corresponden al 81% de las larvas depositadas. El de menor porcentaje de recuperación fue el Tipo rústico que alcanzo solamente el 49.3%. La cosechador de tecnología intermedia tuvo un porcentaje de migración de larvas maduras del 62.3%.

En cuanto al costo se puede observar que difieren significativamente entre sí. Pero al precisar su depreciación los cosechadores los cosechadores rústico y de tecnología intermedia son más vulnerables debido a que el cosechador prototipo diseñado y construido tiene materiales más resistentes y de mayor durabilidad.

Desde el punto de vista ambiental los prototipos estudiados resultan ser amigables con el ambiente porque con ellos se logra en forma indirecta el procesamiento de material orgánico.

El proceso de retroalimentación y la metodología planteada hizo que la maquina cambiara sus diseños varias veces hasta llegar al diseño optimizado que se obtuvo; cambios que se ven más claramente en la forma del diseño final.

Los experimentos que se plantearon para evaluar el equipo, (impacto del animal) que al parecer no serían de gran utilidad, ayudaron a el cambio y replanteamiento del diseño, más que todo en la parte externa del dispositivo

6. RECOMENDACIONES

Seguir la investigación sobre esta clase de prototipos de cosechadores, con el propósito de hacerlos viables para ser proyectados desde el punto de vista agroindustrial como procesadores de material orgánico y de producción empresarial de prepupas para su comercialización como alimento rico en proteínas para la alimentación animal.

Aunque la lámina galvanizada es un buen material para trabajar puede deteriorarse por efectos de la humedad, Por tanto debe buscarse el diseño de un prototipo niquelado para darle mayor durabilidad

Se recomienda proporcionar mecanismos que adapten el modelo de cosechador propuesto en este trabajo a características sociales y económicas de mayor alcance en los diversos territorios geográficos y así ofrecer soporte del cosechador en diversos espacios del contexto departamental y nacional.

Con este prototipo de cosechador 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

BIBLIOGRAFÍA

- BUENROSTRO, O.; CRAM, S.; Bernache, G. & Bocco, G. 2000. La Digestión Anaeróbica como alternativa de tratamiento a los residuos sólidos orgánicos generados en los mercados municipales. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. 16(1): 19-26.
- BOOTH, D. & Sheppard, C. 1984. Oviposition of the Black Soldier Fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae): Eggs, Masses, Timing, and Site Characteristics. *Environmental Entomology*. 13: 421-423.
- CALVERT, C.; Martin, R. & MORGAN, N. 1969. House Fly Pupae as food for poultry. *Journal of economic entomology*. 62(4): 938-939.
- COPELLO, A. 1926. Biología de *Hermetia illucens* Latr. *Revista de la S.E.A.* (2): 23-26.
- FURMAN, D.; Young, R. & 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.
- 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* / (Diptera: Stratiomyidae) en Angelópolis -Antioquia, Colombia." (Medellín: Universidad de Antioquia), 8p.
- JANSSEN, J. 2008. Opciones tecnológicas en el manejo de residuos sólidos. *Ambientico*. (178): 23-24.
- LARDÉ, G. 1989. Investigation on Some Factors Affecting Larval Growth in a Coffee Pulp Bed. *Biological Wastes*. 30: 11-19.
- NEWTON, L.; Sheppard, C.; Watson, D.; Burtle, G.; Dove, R.; Tomberlin, J. & Thelen, E. (b) 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. January 5–7, San Antonio, Texas, USA. G. L.
- 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

SHEPPARD, C.; Tomberlin, J.; Joyce, J.; Kiser, B. & Sumner, S. 2002. Rearing Methods for the Black Soldier Fly (Diptera: Stratiomyidae). *Journal of Medical Entomology*. 39(4): 695-698.

STUDT Solano, N, M. 2010. "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 p59.

WEBGRAFÍA

Disponible en Internet: <http://bibliodigital.itcr.ac.cr:8080/xmlui/handle/2238/695>

Disponible en Internet: <http://www.blacksoldierflyfarming.com/galleries/category/11-filterbug-plywood-bsfl-bin-v1>

Disponible en Internet: http://bibliodigital.itcr.ac.cr:8080/xmlui/bitstream/handle/2238/695/Informe_Final.pdf?sequence=1

Disponible en Internet: <http://www.fao.org/forestry/edibleinsects/65429/es/>

Disponible en Internet: <http://academic.uprm.edu/dpesante/0000/capitulo-8.PDF>

ANEXOS

Anexo A. Evaluación del comportamiento migratorio de 300 larvas de la mosca soldado negro (*Hermetia illucens* L) en cosechador rústico.

Día	Fecha	Hora	Temperatura C°	Humedad relativa (%)	Cantidad migración/día	Total larvas
1	25 - 04 - 2013	09:00 a.m.	24°C	80%	0	0
	25 - 04 - 2013	03:00 p.m.	25°C	83%	0	0
2	26 - 04 - 2013	09:00 a.m.	26°C	78%	0	0
	26 - 04 - 2013	03:00 p.m.	28°C	70%	0	0
3	27 - 04 - 2013	09:00 a.m.	26°C	77%	0	0
	27 - 04 - 2013	03:00 p.m.	28°C	72%	0	0
4	28 - 04 - 2013	09:00 a.m.	25°C	80%	0	0
	28 - 04 - 2013	03:00 p.m.	28°C	69%	0	0
5	29 - 04 - 2013	09:00 a.m.	24°C	92%	0	0
	29 - 04 - 2013	03:00 p.m.	29°C	65%	0	0
6	30 - 04 - 2013	09:00 a.m.	24°C	87%	0	0
	30 - 04 - 2013	03:00 p.m.	28°C	69%	0	0
7	01 - 05 - 2013	09:00 a.m.	24°C	87%	0	0
	01 - 05 - 2013	03:00 p.m.	28°C	69%	0	0
8	02 - 05 - 2013	09:00 a.m.	25°C	79%	0	0
	02 - 05 - 2013	03:00 p.m.	25°C	83%	0	0
9	03 - 05 - 2013	09:00 a.m.	25 °C	80%	0	0
	03 - 05 - 2013	03:00 p.m.	28°C	69%	0	0
10	04 - 05 - 2013	09:00 a.m.	24°C	92%	0	0
	04 - 05 - 2013	03:00 p.m.	29°C	65%	0	0
11	05 - 05 - 2013	09:00 a.m.	25°C	81%	0	0
	05 - 05 - 2013	03:00 p.m.	28°C	67%	0	0
12	06 - 05 - 2013	09:00 a.m.	25°C	80%	0	0
	06 - 05 - 2013	03:00 p.m.	25°C	83%	0	0
13	07 - 05 - 2013	09:00 a.m.	26°C	78%	0	0
	07 - 05 - 2013	03:00 p.m.	28°C	70%	0	0
14	08 - 05 - 2013	09:00 a.m.	26°C	77%	0	0

	08 - 05 - 2013	03:00 p.m.	28°C	72%	0	0
15	09 - 05 - 2013	09:00 a.m.	24°C	92%	0	0
	09 - 05 - 2013	03:00 p.m.	28°C	65%	0	0
16	10 - 05 - 2013	09:00 a.m.	27°C	70%	0	0
	10 - 05 - 2013	03:00 p.m.	29°C	68%	0	0
17	11 - 05 - 2013	09:00 a.m.	25°C	80%	3	3
	11 - 05 - 2013	03:00 p.m.	25°C	83%	9	12
18	12 - 05 - 2013	09:00 a.m.	26°C	78%	13	26
	12 - 05 - 2013	03:00 p.m.	26°C	70%	20	46
19	13 - 05 - 2013	09:00 a.m.	27°C	80%	22	68
	13 - 05 - 2013	03:00 p.m.	29°C	65%	35	93
20	14 - 05 - 2013	09:00 a.m.	24°C	87%	18	111
	14 - 05 - 2013	03:00 p.m.	27°C	69%	9	120

Anexo B. Evaluación del comportamiento migratorio de 300 larvas de la mosca soldado negro (*Hermetia illucens* L) en cosechador de tecnología intermedia

Día	Fecha	Hora	Temperatura C°	Humedad Relativa (%)	Cantidad migración/día	Total larvas
1	25 - 04 - 2013	09:00 a.m.	24°C	80%	0	0
	25 - 04 - 2013	03:00 p.m.	25°C	83%	0	0
2	26 - 04 - 2013	09:00 a.m.	26°C	78%	0	0
	26 - 04 - 2013	03:00 p.m.	28°C	70%	0	0
3	27 - 04 - 2013	09:00 a.m.	26°C	77%	0	0
	27 - 04 - 2013	03:00 p.m.	28°C	72%	0	0
4	28 - 04 - 2013	09:00 a.m.	25°C	80%	0	0
	28 - 04 - 2013	03:00 p.m.	28°C	69%	0	0
5	29 - 04 - 2013	09:00 a.m.	24°C	92%	0	0
	29 - 04 - 2013	03:00 p.m.	29°C	65%	0	0
6	30 - 04 - 2013	09:00 a.m.	24°C	87%	0	0
	30 - 04 - 2013	03:00 p.m.	28°C	69%	0	0
7	01 - 05 - 2013	09:00 a.m.	24°C	87%	0	0
	01 - 05 - 2013	03:00 p.m.	28°C	69%	0	0
8	02 - 05 - 2013	09:00 a.m.	25°C	79%	0	0
	02 - 05 - 2013	03:00 p.m.	25°C	83%	0	0
9	03 - 05 - 2013	09:00 a.m.	25 °C	80%	0	0
	03 - 05 - 2013	03:00 p.m.	28°C	69%	0	0
10	04 - 05 - 2013	09:00 a.m.	24°C	92%	0	0
	04 - 05 - 2013	03:00 p.m.	29°C	65%	0	0
11	05 - 05 - 2013	09:00 a.m.	25°C	81%	0	0
	05 - 05 - 2013	03:00 p.m.	28°C	67%	0	0
12	06 - 05 - 2013	09:00 a.m.	25°C	80%	0	0
	06 - 05 - 2013	03:00 p.m.	25°C	83%	0	0
13	07 - 05 - 2013	09:00 a.m.	26°C	78%	0	0
	07 - 05 - 2013	03:00 p.m.	28°C	70%	0	0
14	08 - 05 - 2013	09:00 a.m.	26°C	77%	0	0
	08 - 05 - 2013	03:00 p.m.	28°C	72%	0	0

15	09 - 05 - 2013	09:00 a.m.	24°C	92%	0	0
	09 - 05 - 2013	03:00 p.m.	28°C	65%	0	0
16	10 - 05 - 2013	09:00 a.m.	27°C	70%	0	0
	10 - 05 - 2013	03:00 p.m.	29°C	68%	4	4
17	11 - 05 - 2013	09:00 a.m.	25°C	80%	10	14
	11 - 05 - 2013	03:00 p.m.	25°C	83%	21	35
18	12 - 05 - 2013	09:00 a.m.	26°C	78%	30	65
	12 - 05 - 2013	03:00 p.m.	26°C	70%	33	98
19	13 - 05 - 2013	09:00 a.m.	27°C	80%	35	133
	13 - 05 - 2013	03:00 p.m.	29°C	65%	24	167
20	14 - 05 - 2013	09:00 a.m.	24°C	87%	10	177
	14 - 05 - 2013	03:00 p.m.	27°C	69%	10	187

Anexo C. Evaluación del comportamiento migratorio de las larvas de la mosca soldado negro (*Hermetia illucens* L) en cosechador prototipo ajustado.

Día	Fecha	Hora	Temperatura C°	Humedad relativa (%)	Cantidad migración/día	Total larvas
1	25 - 04 - 2013	09:00 a.m.	24°C	80%	0	0
	25 - 04 - 2013	03:00 p.m.	25°C	83%	0	0
2	26 - 04 - 2013	09:00 a.m.	26°C	78%	0	0
	26 - 04 - 2013	03:00 p.m.	28°C	70%	0	0
3	27 - 04 - 2013	09:00 a.m.	26°C	77%	0	0
	27 - 04 - 2013	03:00 p.m.	28°C	72%	0	0
4	28 - 04 - 2013	09:00 a.m.	25°C	80%	0	0
	28 - 04 - 2013	03:00 p.m.	28°C	69%	0	0
5	29 - 04 - 2013	09:00 a.m.	24°C	92%	0	0
	29 - 04 - 2013	03:00 p.m.	29°C	65%	0	0
6	30 - 04 - 2013	09:00 a.m.	24°C	87%	0	0
	30 - 04 - 2013	03:00 p.m.	28°C	69%	0	0
7	01 - 05 - 2013	09:00 a.m.	24°C	87%	0	0
	01 - 05 - 2013	03:00 p.m.	28°C	69%	0	0
8	02 - 05 - 2013	09:00 a.m.	25°C	79%	0	0
	02 - 05 - 2013	03:00 p.m.	25°C	83%	0	0
9	03 - 05 - 2013	09:00 a.m.	25 °C	80%	0	0
	03 - 05 - 2013	03:00 p.m.	28°C	69%	0	0
10	04 - 05 - 2013	09:00 a.m.	24°C	92%	0	0
	04 - 05 - 2013	03:00 p.m.	29°C	65%	0	0
11	05 - 05 - 2013	09:00 a.m.	25°C	81%	0	0
	05 - 05 - 2013	03:00 p.m.	28°C	67%	0	0
12	06 - 05 - 2013	09:00 a.m.	25°C	80%	0	0
	06 - 05 - 2013	03:00 p.m.	25°C	83%	0	0
13	07 - 05 - 2013	09:00 a.m.	26°C	78%	0	0
	07 - 05 - 2013	03:00 p.m.	28°C	70%	0	0
14	08 - 05 - 2013	09:00 a.m.	26°C	77%	0	0

	08 - 05 - 2013	03:00 p.m.	28°C	72%	0	0
15	09 - 05 - 2013	09:00 a.m.	24°C	92%	0	0
	09 - 05 - 2013	03:00 p.m.	28°C	65%	0	0
16	10 - 05 - 2013	09:00 a.m.	27°C	70%	0	0
	10 - 05 - 2013	03:00 p.m.	29°C	68%	5	5
17	11 - 05 - 2013	09:00 a.m.	25°C	80%	10	15
	11 - 05 - 2013	03:00 p.m.	25°C	83%	29	44
18	12 - 05 - 2013	09:00 a.m.	26°C	78%	35	79
	12 - 05 - 2013	03:00 p.m.	26°C	70%	38	117
19	13 - 05 - 2013	09:00 a.m.	27°C	80%	47	164
	13 - 05 - 2013	03:00 p.m.	29°C	65%	39	203
20	14 - 05 - 2013	09:00 a.m.	24°C	87%	28	231
	14 - 05 - 2013	03:00 p.m.	27°C	69%	12	243