



CETAS

Centro de Estudios
para la Transformación Agraria Sostenible

Tesis en Opción al Título Académico de Máster en Agricultura Sostenible

**Título: Biología y ecología de *Asyndetus* sp. (Díptera, Dolichopodidae)
como agente de control biológico de *Musca domestica* L.**

Autor. Ing. Javier González Ramírez.

Tutor. Dr. C. Leónides Castellanos González.

Cienfuegos

2017

“Año 58 de la Revolución”

Agradezco:

- ❖ A mi familia por el apoyo, esfuerzo y dedicación.
- ❖ A mis tutores Dr. Cs. Horacio Grillo Ravelo, Dr. C. Leónides Castellanos González por la confianza depositada para la realización de la investigación.
- ❖ A mis Colaboradores. MSc. Roquelina Jiménez Carbonell, MSc Carmen Verónica Martín Vasallo Y MSc Freddy Ramírez González por su trabajo abnegado.
- ❖ A mis compañeros de trabajo de la Empresa Labiofam Cienfuegos y de la ETPP Yaguaramas.
- ❖ Al consejo científico del Laboratorio Provincial de Sanidad Vegetal Cienfuegos.
- ❖ A todos los profesores de la Universidad de Cienfuegos que han dedicado todo su empeño en mi formación y por todos los conocimientos transmitidos.
- ❖ A todo aquel que de alguna manera ha contribuido con su ayuda y apoyo, pues este logro también es suyo.

A todos, Muchísimas Gracias.

Javier González Ramírez

PENSAMIENTO



*...El único camino abierto a la prosperidad constante y fácil
es el de conocer, cultivar y aprovechar los elementos
inagotables e infatigables de la naturaleza....*

José Martí

Dedicatoria

A mi esposa, hijos y familiares por todo el amor, apoyo y paciencia que me brindaron incondicionalmente.

.....a ustedes productores.

Gracias por acompañarme y darme fuerza...

RESUMEN

La investigación se realizó durante el periodo 2014 – 2015, en el local para el curtido de pieles de ganado del centro “El Galeón” y tres locales porcinos de la Cooperativa de Créditos y Servicios Patricio Lumumba del municipio Aguada de Pasajeros, con la colaboración del Laboratorio Provincial de Sanidad Vegetal, la Universidad de Cienfuegos, de conjunto con la Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas, con el objetivo de evaluar la biología, ecología de *Asyndetus* sp. y su capacidad como agente de control biológico de la mosca doméstica (*Musca domestica* L.). Se determinó la duración del ciclo biológico de *Asyndetus* sp., número de generaciones, temperatura umbral y efectiva de desarrollo, características biológicas de los estados de desarrollo de la especie, así como la influencia de las condiciones ambientales sobre las poblaciones de *Asyndetus* sp. y su capacidad predadora sobre las poblaciones de mosca doméstica. El ciclo de vida de *Asyndetus* sp. varía entre 16,5 y 23,6 días en dependencia a la temperatura, con una constante térmica efectiva de huevo a adulto de 205,8 °C, cero biológico de desarrollo de 12,2 °C puede desarrollar 20 generaciones al año. El predador se establece en condiciones de sombra, alta humedad relativa media de 74,5 a 80,5 % y temperatura media de 21,5 a 26,2 °C durante todo el año. La actividad biorreguladora es efectiva ya que éste constituye un predador eficaz y estable alcanzando relaciones de hasta 3,4 predadores por presa. La viabilidad económica indica ahorro monetario en el centro "El Galeón" de 3600 pesos anuales; mientras que se logra una eficiencia de 0.65% y 0.28% de eficacia en el Porcino Eduardo que fue superior al Porcino Yoan, lo que perciben la acción de beneficio ambiental de *Asyndetus* sp. en los nichos ecológicos.

1	Introducción.....	1
2	Revisión bibliográfica.....	5
2.1	Mosca doméstica, clasificación taxonómica y biología.....	5
2.1.1	Importancia y Daños.....	6
2.1.2	Distribución.....	7
2.1.3	Control.....	8
2.1.4	Control químico.....	9
2.1.5	Control con fitoplaguicidas.....	10
2.1.6	Control biológico.....	11
2.2	<i>Asyndetus</i> sp, clasificación taxonómica.....	17
2.3	Temperatura umbral o cero biológico y unidades de calor de cada estado de desarrollo biológico.....	19
2.4	Metodologías de reproducción de entomófagos.....	22
2.5	Relación Predador presa.....	23
2.6	Análisis beneficio costo de los resultados de las investigaciones.....	23
3	Materiales y Métodos.....	26
3.1	Determinación de la duración del ciclo biológico de <i>Asyndetus</i> sp. y número de generaciones de la especie en condiciones de laboratorio...	
3.1.1	Temperatura Umbral de Desarrollo o Cero Biológico y Constante Térmica efectiva de desarrollo de la especie.....	28
3.1.2	Número de generaciones al año del biorregulador.....	29
3.1.3	Características biológicas de los estados de desarrollo de la especie....	29
3.2	Evaluación de la influencia de las condiciones ambientales sobre las poblaciones de <i>Asyndetus</i> sp. y de mosca doméstica en tres nichos ecológicos.....	31
3.2.1	Establecimiento del predador sobre las poblaciones de <i>Asyndetus</i> sp. y la mosca doméstica en el “Porcino Eduardo”.....	34
3.3	Determinación de la capacidad predatora de <i>Asyndetus</i> sp. sobre la mosca doméstica en los tres nichos ecológicos.....	36
3.4	Análisis de la viabilidad económica del establecimiento y desarrollo de	

	la especie en los cuatro locales en estudio.....	37
4	Resultados y Discusión.....	39
4.1	Determinación de la duración del ciclo biológico de <i>Asyndetus</i> sp. y número de generaciones de la especie en condiciones de laboratorio.	39
4.1.1	Temperatura Umbral de Desarrollo o Cero Biológico y Constante Térmica efectiva de desarrollo de la especie.....	39
4.1.2	Características biológicas de los estados de desarrollo de la especie.....	41
4.2	Evaluación de la influencia de las condiciones ambientales sobre las poblaciones de <i>Asyndetus</i> sp. sobre la mosca doméstica en tres nichos ecológicos.....	46
4.3	Determinación de la capacidad predadora de <i>Asyndetus</i> sp. sobre la mosca doméstica en los tres nichos ecológicos.....	52
4.4	Análisis de la viabilidad económica del establecimiento y desarrollo de la especie en los cuatro locales en estudio.....	54
5	Conclusiones.....	57
6	Recomendaciones.....	58
7	Referencias bibliográficas.....	59

1. Introducción

La mosca doméstica (*Musca domestica* L.) es una plaga de gran importancia económica en explotaciones ganaderas y avícolas, puesto que contamina los productos y transmite una variedad de patógenos a los animales. Adicionalmente provoca problemas a los ganaderos al invadir las áreas residenciales vecinas a los planteles pecuarios (Salas y Larrain, 2013).

Esta especie puede encontrarse en todo el mundo, vive cerca de los humanos y son portadoras de muchas enfermedades en personas y animales domésticos. Lo antes planteado indica que es necesario mantener baja su población y entender sus hábitos y su ciclo de vida para mitigar sus poblaciones a un bajo costo (Tomberlin, 2008).

Esta especie es transmisora de una gran cantidad de microorganismos, muchos de ellos causantes de enfermedades al hombre y a los animales domésticos. Su gran actividad, los hábitats que frecuenta, las fuentes de alimento que explotan (materia orgánica en descomposición), la morfología externa de su cuerpo con las abundantes pilosidades y su metabolismo digestivo, son factores que se conjugan y estimulan sus características trasmisoras (Gómez, 2013).

El control de la mosca doméstica en ambientes rurales y urbanos tiene como objetivo reducir las poblaciones larvarias y adultas mediante la sanidad ambiental y métodos químicos. La sanidad ambiental e higiene en los asentamientos humanos es recomendada como una medida fundamental de control a largo plazo (Kedling, 1986).

El control químico comprende el tratamiento de los sitios reproductivos de las etapas pre-adultas y la aplicación de insecticidas de manera residual (sitios de reposo) y espacial. Los cebos y cordones envenenados se emplean para los estados adultos y el control residual es el más utilizado como estrategia de lucha para la mosca doméstica. Aunque la resistencia a insecticidas organoclorados y organofosforados se está apreciando en el mundo y la resistencia a piretroides ha empezado a detectarse en algunos sitios (Chatman *et al.*, 1993).

De ahí que se considere por Gómez (2013) la alternativa biológica en la lucha contra esta plaga, como la única eficaz por ser económicamente viable y ecológicamente sana. En Cuba Álvarez *et al.* (2013) informan cinco parasitoides pupales de mosca doméstica, pertenecientes a los géneros *Sphalangia* (Latreille), *Pachyneuron* (Walker), *Muscidifurax* (Girault and Sanders) (*Hymenóptera: Pteromalidae*) y *Tachinobia* (Boucek) (*Hymenóptera: Eulophidae*) los cuales reducen las poblaciones de esta importante plaga, además evaluaron las relaciones ínterespecíficas y biológicas de los parasitoides citados, lo que permitió seleccionar las especies más promisorias para ser utilizadas en programas de control biológico.

Los dípteros constituyen una de los órdenes de insectos más evolucionados, presentan variedades morfológicas y biológicas logradas a lo largo de su proceso evolutivo, consecuencia de su adaptación a diversos hábitats, con unas 100.000 a 150.000 especies descritas, agrupados en dos subórdenes, 8 a 10 infraórdenes, 22 a 32 superfamilias y de 130 a 188 familias, representa aproximadamente el 10 % del total de la biodiversidad, distribuido por todo los continentes (Portugal, 2013).

Los dolichopódidos se capturan muy frecuentemente en grandes cantidades con trampas de melaza, en trampas de recipiente amarillo y por barrido con red de golpe (Bickel, 2013). Esta familia la incluye Portugal (2013) entre los dípteros predadores al señalar que los adultos son predadores de pequeños invertebrados, los que exprimen entre sus labelas longitudinalmente opuestas y que son importantes agentes de control general de muchas especies plagas. Las larvas viven en el suelo, vegetales en descomposición, barro, bajo corteza, entre otros sitios. Son principalmente predadores o carroñeros.

Algunos miembros de esta familia según Alayo y Garcés (1989) son muy conocidos al encontrarse en jardines volando caracterizados por su color verde metálico intenso, otros prefieren sitios húmedos y sombríos. Las larvas tienen costumbres diversas usualmente predadoras y acuáticas en algunas especies, otras viven bajo tierra, bajo cortezas, o en tejidos vegetales descompuestos.

El género *Asyndetus* Loew pertenece a la subfamilia *Diaphorinae*. Del mismo Wang y Yang (2005) plantean que tiene una amplia distribución mundial con

aproximadamente 80 especies conocidas y de ellas 14 se conocen que son de la región Palearctica 11 de la Oriental y dos de la Australiana, siete especies son reportadas en China *A. beijingensis*; *A. calcaratus* Becker, *A. guangxiensis* Zhang y Yang (2003); *A. latifrons* (Loew, 1857); *A. longicornis* Negrobov, *A. mutatus*, Becker (1922); *A. perpulvillatus*, (Parent, 1926).

Alayo y García (1983) informan para Cuba al género *Asyndetus* Loew con la especie *A. interruptus* Loew y Alayo y Garcés (1989) caracterizan a los miembros de esta familia como individuos cuyas larvas pueden ser depredadoras o tener hábitos acuáticos. Su aparato bucal se halla especializado para la cacería y el aprovechamiento de otros insectos, son depredadora y se alimenta de otras larvas de insectos. Por lo que son considerados como especies que sirven para el control biológico, especialmente de especies como mosquitos que se alimentan de sangre, los adultos son depredadores de pequeños insectos que capturan en vuelo.

En el local donde se almacenan y salan las pieles en “El Galeón” Aguada de Pasajeros se informó la presencia de un depredador *Asyndetus* sp. el cual se había observado con frecuencia depredando los huevos y las larvas pequeñas de mosca doméstica (Castellanos *et al.*, 2009), pero se desconocen aspectos de la biología y ecología que permitan su manejo como control biológico.

Esta especie ofrece ser utilizada como una alternativa biológica en el control de la mosca doméstica con la consiguiente sustitución de productos químicos utilizados tradicionalmente, que son contaminantes del ambiente y costosos en el mercado internacional. En la actualidad no se cuenta con estudios de la biología, ecología y la eficacia de *Asyndetus* sp. como agente de control biológico de la mosca doméstica.

Teniendo en cuenta estos antecedentes se plantea el siguiente problema científico:

¿Cuál será el ciclo biológico, número de generaciones y condiciones ecológicas de *Asyndetus* sp. en relación a su capacidad como agente de control biológico de la mosca doméstica?

Hipótesis

Asyndetus sp. presenta un ciclo de vida corto y desarrolla varias generaciones durante todo el año en las condiciones de la temperatura en Cuba por lo que es posible su establecimiento como predador efectivo de la mosca doméstica en nichos ecológicos donde haya sombra y alta humedad relativa.

Objetivo general

Evaluar la biología y ecología de *Asyndetus* sp., y su capacidad como agente de control biológico de la mosca doméstica.

Objetivos específicos

1. Determinar la duración del ciclo biológico de *Asyndetus* sp. y número de generaciones de esta especie a temperatura controlada en condiciones de laboratorio.
2. Evaluar la influencia de las condiciones ambientales sobre las poblaciones de *Asyndetus* sp. y de mosca doméstica.
3. Determinar la capacidad predadora de *Asyndetus* sp. sobre la mosca doméstica.
4. Analizar la viabilidad económica del establecimiento y desarrollo del predador.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Mosca doméstica.

La mosca doméstica (*Musca domestica* (L.)) es el insecto más ampliamente conocido dada su distribución mundial, su capacidad para colonizar todos los hábitats, su alta prolificidad, el gran impacto económico sobre la producción pecuaria y sobre la salud humana al transmitir una gran diversidad de microorganismos causantes de enfermedades al hombre y a los animales domésticos (Gómez, 2013).

Clasificación taxonómica.

Phyllum: Artropoda

Clase: Insecta

Orden: *Díptera*

Familia: *Muscidae*

Género: *Musca*

Especie: *Musca domestica* L.

Nombre vulgar: mosca doméstica

Biología

La hembra comienza a poner huevos 48 horas después de alcanzar el estadio adulto. A lo largo de 1 a 3 meses de vida adulta, puede llegar a poner 4 ó 5 tandas de entre 100 y 150 huevos cada una. Los huevos son cilíndricos, de color blanco perlado y 1 mm de longitud, y los deposita en materia húmeda en descomposición como, por ejemplo, residuos domésticos, compost o estiércol. De los huevos eclosionan, al cabo de 8 a 48 horas, larvas ápodas, lisas, de color blanco. Las larvas se entierran alejándose de la luz en busca de una temperatura óptima de 21 a 32 °C, y alcanzan la madurez después de 3 mudas, con una longitud de 10 a 12 mm (Bayer, 2013).

El ciclo de vida puede completarse en menos de 2 semanas, se crían en todo tipo de estiércol, especialmente si está mezclado con paja o heno, en montones de basura y en cualquier tipo de material vegetal en descomposición. Una hembra pone hasta un total de 900 huevos en paquetes de 75 a 150 cada

vez. Las larvas emergen rápidamente y mudan a pupas en 6 días. Unos 5 días más tarde emergen los adultos. Esto permite entre 8 y 12 generaciones al año en regiones de clima moderado. La vida de los adultos dura pocas semanas, pero puede alargarse en temporadas frías. Tanto las pupas como los adultos invernan en montones de estiércol o en otros hábitats en establos, corrales y basureros (Junquera, 2013)

En verano, el desarrollo larval puede completarse en unos días, pero en invierno el proceso puede tardar más de 1 mes. Al alcanzar la madurez, las larvas abandonan el lugar de cría en busca de zonas circundantes más frescas, como el suelo, y se transforman en pupas amarillas, pardas o negras de 6 mm de longitud. Los adultos emergen entre 3 días y 4 semanas después, dependiendo de las condiciones. “El ciclo completo tarda generalmente de 1 a 4 semanas, según la temperatura”. Está claro que existe un gran potencial para el desarrollo de poblaciones muy abundantes. Si en condiciones climáticas templadas pueden producirse hasta 12 generaciones de moscas en una sola temporada, la tasa de reproducción es todavía más alta en climas tropicales (Bayer, 2013).

2.1.1 Importancia y Daños

Las moscas según Ortiz y Novartis (2013) viven en estrecho contacto con los seres humanos (sinantropia) ya que su ciclo de vida se desarrollan sobre materiales generados por el hombre como son: basuras, materia fecal y drenajes los cuales están sujetos a una descomposición permanente, y donde las moscas adultos se alimentan de estas fuentes. Estas características les confieren a las mismas convertirse en verdaderos vectores potenciales de organismos patógenos.

La gran actividad de las moscas, los hábitats que frecuentan, las fuentes de alimento que explotan (materia orgánica en descomposición), la morfología externa de su cuerpo con las abundantes pilosidades y su metabolismo digestivo, son factores que se conjugan en ellas para ofrecer óptimas posibilidades para la transmisión de una gran cantidad de microorganismos, muchos de ellos causantes de enfermedades al hombre y a los animales domésticos (Gómez, 2013).

La transmisión de patógenos de acuerdo a lo señalado por Ortiz y Novartis (2013) puede ser a través de las patas y partes bucales que están cubiertas por cerdas donde el material contaminado puede ser atrapado y transportado, por regurgitación de comida en el momento en que se alimentan, por ingestión y defecación de patógenos como una de las vías potenciales más importantes provocando enfermedades diarreicas, infestaciones por virus como el del pollo, a través de heces humanas contaminadas y la transmisión de patógenos entre ellos *Salmonella*, *Escherichia coli*, *Chlamydia trachomatis*, por citar algunos de los mencionados por varios autores (Junquera, Ortiz y Novartis, 2013). Ellas pueden transmitir además lombrices intestinales o sus huevos, y son posibles vectores de enfermedades como disentería, gastroenteritis, chigellosis, fiebre tifoidea, cólera y tuberculosis (Bayer, 2013).

Al desarrollarse las etapas inmaduras del ciclo de vida del insecto en materia orgánica en proceso de fermentación (basura, heces, carroña o drenajes) y los adultos alimentarse de las mismas fuentes, todas comúnmente presentes en los asentamientos humanos Manrique y Delfín (2014) consideran que estos hábitos, aunados a una gran capacidad de vuelo y dispersión, les confiere la capacidad de funcionar como vectores mecánicos potenciales de organismos patógenos a animales y humanos

2.1.2 Distribución

La especie es probablemente el insecto más cosmopolita. Aparece asociada al hombre desde los trópicos hasta las regiones polares. Es una plaga universal en explotaciones ganaderas, sobre todo en las porcinas, aviares y bovinas lecheras y de engorde, y una de las más difíciles de controlar. Esto se debe a su capacidad de nutrirse de cualquier tipo de materia orgánica, de desarrollarse eficaz y rápidamente en muchos sustratos, y de hacerse resistente a los insecticidas en un breve espacio de tiempo (Junquera, 2013).

Tienen un radio de vuelo de por lo menos 8 kilómetros. Abunda en el interior de las casas. En zonas de clima frío, la reproducción cesa generalmente antes del invierno y los insectos hibernan en forma de pupa o adulto. En ambientes cálidos, sin embargo, las moscas domésticas permanecen activas y se reproducen todo el año (Bayer, 2013).

2.1.3 Control

El control de la mosca doméstica en ambientes rurales y urbanos tiene como objetivo reducir las poblaciones larvarias y adultas mediante sanidad ambiental y métodos químicos. La sanidad ambiental e higiene en los asentamientos humanos es recomendada como una medida fundamental de control a largo plazo (Keidling, 1986).

Elas tienen hábitos de reproducción rápida, prolífica, con mucha movilidad y para interrumpir su ciclo vital, las medidas de control deben dirigirse contra las larvas y los adultos (Bayer, 2013).

La limitación de los posibles lugares de reproducción y fuentes de alimento depende de una higiene adecuada resaltándose la basura doméstica la cual se guardará en contenedores bien cerrados que se transporten al poco tiempo a vertederos adecuados guardándose en bolsas selladas y, si es posible, incinerarse. Los vertidos deben cubrirse con una capa de tierra de 230 mm de grosor mínimo y así minimizar la emergencia de las larvas ya que se alcanza temperaturas de fermentación que impiden su supervivencia. En cuanto al estiércol de las granjas debe mantenerse tan seco como sea posible, especialmente en granjas avícolas, en las que se pueden crear condiciones húmedas idóneas para la reproducción (Bayer, 2013).

Control físico mediante trampas

Se plantea por Junquera (2013) el empleo de las trampas atrapa moscas sin productos químicos (por. ejemplo rejillas electrocutantes, cintas adhesivas, entre otros.) las que pueden dar buenos resultados, especialmente en explotaciones intensivas confinadas.

Existen trampas que aprovechan la necesidad de las larvas de migrar desde los lugares de reproducción a zonas más frescas, para empupar (Bayer, 2013). Una trampa sencilla se compone de una plataforma de hormigón, sobre la que se almacena estiércol o desechos, rodeada de un zanja llena de agua en la que quedan atrapadas las larvas migrantes.

Otro tipo de trampa se sugiere por Gómez (2013) la cual contiene cebo orgánico con gran capacidad de atracción sobre adultos, lo que la convierte en una gran alternativa. El trapeo según este autor es un método sencillo y económico que utiliza el hábito de vuelo de las moscas, para eliminar diariamente miles de ellas sin recurrir a sustancias tóxicas.

2.1.4 Control químico

Los plaguicidas químicos son por definición sustancias tóxicas, son las armas de la industria química que se ofrecen para el combate de las plagas, como insecticidas, herbicidas y fungicidas; y afectan sistemas biológicos fundamentales que son compartidos también por el hombre. El uso intensivo de estos agrotóxicos provoca el envenenamiento a corto y largo plazo de la naturaleza, los trabajadores, las comunidades rurales y los consumidores (Malthora, 2013).

El tratamiento de las superficies donde se posan las moscas (paredes, muros, postes, columnas, montantes, vallas, entre otras) con mosquicidas da buenos resultados, siempre que las moscas sean susceptibles (es decir, no resistentes) a los productos empleados. La mayoría de estos productos contienen insecticidas convencionales (carbamatos, organofosforados, piretroides, neonicotinoides, entre otros) que matan las moscas adultas (también se les denomina adulticidas) por contacto (Junquera, 2013). Según este autor algunos productos adulticidas de efecto por vía oral pueden ser mezclados con azúcar y ser aplicado con brocha como una pintura ya que este estimula a las moscas a comer, lo que provoca la ingestión de una dosis letal del producto, recomienda la nebulización ambiental (o fumigación) con adulticidas, adecuada para reducir inmediatamente altas poblaciones de moscas aunque elimina solamente a las moscas expuestas en el momento de la aplicación. No tiene ningún efecto residual y para que sea eficaz debe evitarse las corrientes de aire ya que la ventilación o el viento pueden reducirla.

Para obtener los mejores resultados según Bayer (2013) es preciso combinar las medidas de control mediante insecticidas con una buena higiene con productos como Aqua K-Othrine, Solfac WP10, Quickbayt Spray, Baycidal WP25

Junquera (2013) considera como bastante eficaces, los cebos de varios tipos contra las moscas domésticas (polvos, granulados, entre otros). La mayoría emplean adulticidas (organofosforados, carbamatos, neonicotinoides, spinosad, entre otros), combinados a menudo con sustancias atrayentes (por ejemplo *tricoseno*), y útiles para reducir las poblaciones de moscas.

En algunos países disponen de larvicidas que se mezclan al pienso de los pollos y que después hacen que el estiércol producido sea tóxico para las larvas de las moscas aunque casi todos son también letales para los enemigos naturales de las moscas (Junquera, 2013). Pero recomienda la combinación de adulticidas con larvicidas porque se cuenta con dos principios activos dotados de modos de acción totalmente diferentes, lo que disminuye el riesgo de que surjan poblaciones resistentes. La mosca doméstica es una de las especies que más rápidamente desarrolla resistencia a los mosquicidas y plaguicidas en general. En laboratorio se han logrado provocar la resistencia incluso a *Bacillus thuringiensis* Var.

2.1.5 Control con fitoplaguicidas

La mosca doméstica es por sus hábitos de vida, un importante transmisor de enfermedades lo cual se agrava por su fácil reproducción y adaptación a los más disímiles hábitats. En Cuba se buscan alternativas de control que permitan reducir los niveles de población de este vector. Esto ha dado lugar a una serie de estudios sobre diferentes plantas reportadas como venenosas entre ellas *Ricinus communis* L. (higuereta), perteneciente a la familia de las Euforbiáceas, universalmente conocida por el uso de su aceite con fines medicinales. Sin embargo, diferentes autores le atribuyen además propiedades tóxicas y ha sido objeto de estudio por Álvarez *et al.* (2013) quienes evaluaron el efecto insecticida de una lectina obtenida a partir de esta planta, sobre una población de mosca doméstica. Los ensayos se realizaron con adultos y larvas y observaron mayor mortalidad a medida que el tiempo de exposición aumentó frente al extracto, la DL₅₀ a las 72 h de exposición fue de 353,4 p. p. m.; además, se apreció una disminución altamente significativa en el desarrollo pupal en presencia del extracto lo que pone de manifiesto su actividad insecticida. No obstante existe el criterio por Junquera (2013) que los

repelentes nunca darán un control suficiente de las moscas domésticas, pues no influyen para nada en el control de las poblaciones, y la modesta protección no duraría más que unas pocas horas en el mejor de los casos.

2.1.6 Control biológico

Para el control de la mosca doméstica, Gómez y Cardona (2013) consideran la alternativa biológica en la lucha contra esta desagradable plaga, como la única eficaz por ser económicamente viable y ecológicamente sana y el éxito del control se radica en el manejo cultural como medida complementaria a las labores de control biológico.

El papel que juega el control biológico en el manejo de plagas en la agricultura sostenible y en los sistemas agrícolas orgánicos es indiscutible. Dada la situación que se presenta con el control químico se hace necesario desarrollar métodos de manejo de plagas compatibles con el ambiente, uno de éstos es el control biológico. Durante los últimos 25 años, el interés en esta técnica se incrementó grandemente a causa de los serios problemas de contaminación ambiental y daños a la salud humana que provoca el uso intensivo de los plaguicidas sintéticos (Carson, 1980, Murray, 1994; Rozas, 1995; Colborn *et al.*, 1997; Nivia, 2003).

El concepto de control biológico, tal como se conoce hoy, fue definido por primera vez por Harry S. Smith en 1919 como el uso de los enemigos naturales, ya sea introducidos a una zona nueva o manipulados con el objetivo de controlar las plagas (Huffaker, 1971).

De Bach (1964) lo definió como la acción de parásitos, predadores y patógenos en el mantenimiento de la densidad poblacional de otro organismo a niveles más bajos que los que podrían ocurrir en su ausencia.

Por su parte De Bach y Rosen (1991) lo definen como la regulación por medio de los enemigos naturales (parasitoides, predadores y patógenos) de la densidad de población de otra especie a un promedio menor del que existiría en ausencia de ellos.

Vázquez (2013) lo define como el uso de enemigos naturales o biorreguladores para el control de plagas. De tal manera, los controles biológicos solo son económicamente viables si son empleados contra las plagas.

La idea de que los insectos podían ser utilizados intencionalmente para suprimir las poblaciones de otros insectos plaga surgió hace miles de años en China, fue una consecuencia de la observación directa, por parte de los agricultores, de la acción de hormigas predadoras. Las colonias de hormigas (*Oecophylla smaragdina* F.) eran trasladadas hasta las plantaciones de naranjo para reducir el número de insectos que se alimentaban del follaje (McCook, 1882 y Clausen, 1956) citados por van den Bosch y Messenger (1973). En la Arabia medieval también se trasladaban colonias de hormigas predadoras desde las montañas donde presumiblemente, se encontraban sus reservorios naturales hasta los oasis donde crecía la palma datilera que era atacada por hormigas fitófagas. Esta práctica constituye el primer ejemplo conocido de traslado, por el hombre, de enemigos naturales para propósitos de control biológico (Van den Bosch y Messenger, 1973).

La primera importación a Cuba de un enemigo natural fue dada en 1928 con la introducción de *Rodolia cardinalis* (Muls). para el control de la guagua acanalada de los cítricos *Icerya purchasi* Mask. Desde entonces la guagua acanalada se mantiene bajo control, se pueden observar brotes esporádicos en cítricos, rosales y casuarinas, pero pasado un tiempo desaparece bajo la acción de *R. cardinalis* (Faz, 1987).

Según Vázquez y Castellanos (2013) la importancia histórica y económica de este suceso es muy marcada pues se trata de la primera introducción. Además fue uno de los casos de mayor éxito en la región.

En la década de los ochentas Axtell (1986) planteó que el control biológico contra la mosca común se había probado poco y que los resultados eran muy modestos, sin embargo en los últimos años se ha avanzado bastante en este sentido. Se informa por una parte la supresión natural de la mosca común por ciertos calcidos (*Hymenoptera: Pteromalidae*), dentro de los más importantes están *Muscidifurax* y *Sphalangia* spp., algunos Ichneumonidos y otros parasitoides, así como insectos predadores como los hiperidos (*Coleoptera:*

Histeridae) y *estaphylinidos* (*Coleóptera: Staphylinidae*) (Sánchez, Arroyo y Capinera, 2007).

Hongos entomopatógenos

Los hongos entomopatógenos también son enemigos naturales de los insectos y para algunos autores constituyen una alternativa interesante en la protección de los cultivos y de semillas almacenadas. Estos básicamente actúan invadiendo el cuerpo de su huésped penetrando la cutícula o exoesqueleto. Una vez en el celoma, se multiplican rápidamente y se dispersan a través del cuerpo. La muerte del insecto es ocasionada por la destrucción de tejidos y, ocasionalmente, por toxinas producidas por los hongos. Una vez que la plaga muere, los hongos emergen de su cuerpo para producir esporas, las cuales, llevadas por el viento, lluvia o por otros insectos pueden expandir la infección (Boucias y Pendland, 1998).

La acción patogénica de *Beauveria bassiana* Bals. sobre mosca doméstica se ha estudiado por varios autores como Cova *et al.* (2009), Scorza y Cova (2006) que obtuvieron hasta 95 % de efectividad técnica en galpones de crías de pollo en el estado de Trujillo en Venezuela. Ortiz y Novartis (2013) en este país realizaron ensayos con este hongo entomopatógeno inoculado a la gallinaza y observaron al cabo de 2 a 3 días una disminución de los movimientos larvales y desaparición de estas y de moscas adultas del exterior. Los resultados fueron satisfactorios ya que después de unos 10 días del tratamiento se notaron muy pocas larvas y adultos, al producirse una interrupción del ciclo debido a la eliminación del estado larval.

Salas y Larrain (2013) además de *Beauveria bassiana* Bals. para el control de la mosca doméstica, mencionan entre otros patógenos a *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) y *Entomophthora muscae* (Cohn), todos estos hongos entomopatógenos mencionados, *E. muscae* según ellos ha sido la especie más estudiada y con mayor número de casos de control satisfactorios. Este hongo penetra al insecto y en menos de 28 horas invaden el hemocel de la mosca, la que muere entre 5 y 8 días después. El efecto del control ejercido por él se ve favorecido por la mayor atracción que ejercen las hembras infectadas sobre los

machos, lo que provoca que un mayor número de individuos sean alcanzados por la epizootia.

Parasitoides

La riqueza de la entomofauna beneficiosa presente en América Latina, permite hacer un uso selectivo y racional de varias especies de entomófagos, que son importantes organismos biorreguladores de insectos que constituyen plagas en los cultivos económicos. La utilización de dichos entomófagos dada ya desde la primera mitad del presente siglo, donde se utilizó la mosca *Lixophaga diatraeae* Townsend como control biológico del barrenador del tallo, bórer de la caña de azúcar, *Diatraea saccharalis* Fabricius; también se estableció con una alta efectividad el uso de la avispa parásita *Eretmocerus serius* Silv. como control biológico de la mosca prieta de los cítricos *Aleurocanthus woglumi* Wort, importante plaga de ese cultivo, según indica Bruner *et al.* (1995), en estudios desarrollados en la Estación Experimental Agronómica de Santiago de las Vegas, hoy Instituto Nacional de Investigaciones Fundamentales de Agricultura Tropical (INIFAT).

El parasitoide es un insecto parasítico que, en su estado inmaduro, se alimenta y desarrolla dentro o sobre el cuerpo de un solo insecto hospedante al cual mata lentamente o bien se desarrolla dentro de los huevecillos de éste. Normalmente, son más pequeños que el hospedante. El estado adulto vive libre, no siendo parasitoide. Su hospedante pertenece a la misma clase taxonómica o una clase estrechamente relacionada. Se diferencian de los verdaderos parásitos, los cuales dependen de un hospedante vivo para su súper vivencia y no necesariamente le causan la muerte, tienen un tamaño menor que el de su hospedante, y son de otra clase taxonómica. Los parasitoides son los enemigos naturales más utilizados en los programas de control biológico de plagas insectiles. La mayoría de los parasitoides (85%) son del orden Himenóptera y unos pocos (15%) son del orden Díptera (Altieri *et al.*, 1999).

El empleo de parasitoides según Gómez (2013) se ha impuesto en los países desarrollados y gana cada vez más adeptos por sus exitosos resultados en más de 15 años de uso en el sector agropecuario y en la salud pública.

En Cuba se encontraron cinco parasitoides púpaes de mosca doméstica por Álvarez *et al.* (2013), pertenecientes a los géneros *Sphalangia*, (Latreille) *Pachyneuron* (Walker), *Muscidifurax* (Girault and Sanders) (Hymenóptera: Pteromalidae) y *Tachinobia* (Boucek) (Hymenóptera: Eulophidae) los cuales reducen las poblaciones de esta importante plaga. Además evaluaron las relaciones ínterespecíficas y la biología de los parasitoides citados, lo que permitió seleccionar las especies más promisorias para ser utilizadas en programas de control biológico. Como resultado señalan que la aplicación de *Sphalangia* spp. no logró elevar los niveles de parasitismo desde 0,22 % hasta 42,75 %.

De estos géneros Gómez (2013) señala precisamente a *Sphalangia* como el utilizado en Perú declarando que para su manejo y liberación son transportado, refrigerados en termo neveras o en cajas de cartón con aserrín de madera constituyendo la unidad de liberación una bolsa de tela (tul), con aproximadamente 5000 pupas de moscas parasitadas por *Sphalangia*, 48 horas antes de la emergencia de los adultos. La liberación se hace cerca de los sitios donde se reproducen las moscas, bajo techo y en los árboles aledaños a la sombra.

Predadores

Los artrópodos predadores están ampliamente representados en las clases Insecta y Acaré. En la mayoría de los órdenes de insectos se encuentran familias con hábito predador. Se han identificado 224 familias (ubicadas en 15 órdenes) con hábitos entomófagos, de éstas en 167 familias (14 órdenes) se encuentran ubicados en nueve órdenes: *Ortóptera*, *Dermáptera*, *Thysanóptera*, *Hemíptera*, *Neuróptera*, *Coleóptera*, *Lepidóptera*, *Hymenóptera* y *Díptera* y los de mayor importancia pertenecen a los órdenes *Hemíptera*, *Coleóptera*, *Díptera* e *Hymenóptera* (Van Driesche y Bellows, 1996).

Los insectos predadores se caracterizan por el hecho de que tanto los adultos como los inmaduros buscan su presa, la consumen de una vez, la muerte es inmediata y no existe una relación clara entre el número de presas atacadas y el número de predadores en la próxima generación. Los predadores juveniles aprovechan las presas para obtener los nutrientes que necesitan para su

crecimiento y desarrollo y los adultos para mantenerse y reproducirse (Doutt y De Bach, 1968). El índice de eficiencia predatoria se refleja en la respuesta funcional de los predadores al consumir todas las presas a su alcance (De Marcos y Gürtler, 2013).

Recurriendo a este tipo de control, sólo se puede reducir la población de insectos plagas, puesto que el nivel de la población de parásitos y predadores acompaña al de las plagas. En el caso de los parásitos, estos sólo atacan a un individuo, mientras que los predadores pueden causar la muerte de varios a lo largo de su vida. La efectividad de estos parásitos y predadores reside en su capacidad de adaptarse al medio, tasa de multiplicación, adecuada movilidad dentro de la masa intergranaria y rápida respuesta de adaptación a cambios en el número de insectos. La tendencia actual es buscar insectos más grandes como microhimenópteros que actúen como predadores de la plaga en cualquier estado, ya sea, parasitándolo o comiéndolo. Ejemplos para este tipo de control pueden ser: *Anisopteromalus calandrae* (How.), parásita a especies del género *Sitophilus*, *Cheyletus eruditus* S. es un ácaro que ataca predando a otros ácaros y pequeños insectos, como larvas de polillas y psócidos (piojos) (Pérez et al., 2013).

Entre los más eficaces enemigos naturales de las moscas Junquera (2013) destaca precisamente a *Sphalangia spp* predador de las larvas de moscas, además al escarabajo *Carcinops sp* abundante en la gallinaza, que se alimenta de huevos y larvas de las moscas y a los ácaros como *Machrocheles spp.* que también se nutren de huevos y larvas de moscas. Las hembras adultas se adhieren a las moscas adultas y se hacen transportar así a otros lugares.

Destacan Salas y Larrain (2013) entre las especies de avispas parásitas a dos como las más utilizadas en los sistemas de producción intensiva ganadera y aviar en Chile, *Sphalangia endius* W. y *Muscidifurax raptor* G. & S. (Hymenóptera: Pteromalidae), parasitoides de pupas que en circunstancias óptimas pueden alcanzar niveles de parasitismo superiores a 50%. Con relación a los predadores estos autores declaran haber registrado numerosos predadores de mosca doméstica, tanto de huevos como de larvas. Los huevos frecuentemente son depredados por ácaros y pequeños coleópteros de las familias *Staphylinidae* e *Histeridae*, los cuales también pueden llegar a

alimentarse de larvas pequeñas. Tanto los ácaros como los coleópteros están en forma natural en las unidades de confinamiento de animales. Si bien su acción es beneficiosa para el control de las moscas, se ve limitada por sus bajos niveles poblacionales.

También reportan la existencia de un predador de gran efectividad, utilizado en programas de control biológico en EE.UU. y Europa, por lo efectivo que resulta sobre los estados inmaduros de la mosca doméstica, Se trata de *Ophyra aenescens* (W.) (Díptera: Muscidae), denominada vulgarmente mosca negra de las basuras. Las especies de este género son moscas que con frecuencia se encuentran en planteles animales muchas de ellas carnívoras en su fase larval, así como también coprófagas y saprófagas. Además como es una especie que no frecuenta los ambientes humanos, se pueden hacer liberaciones inundativas en las zonas de producción pecuaria, con ventajas económicas y ecológicas.

En Cienfuegos, Cuba, Castellanos *et al.* (2009) comunican la presencia de *Asyndetus* sp. alimentándose de las larvas de la mosca doméstica localizadas en grupos sobre la superficie de las pieles de ganado en una instalación dedicada al curtido de pieles. Este género está distribuido ampliamente en el mundo reportándose hasta 80 especies del mismo según Wang y Yang (2013) Y Zhang y Yang (2013) que reportan dos nuevas para China.

2.2 *Asyndetus* sp.

Clasificación taxonómica

Phyllum: Artropoda

Clase: Insecta

Orden: Díptera

Suborden: Brachycera

Familia: Dolichopodidae

Género: *Asyndetus*

Este orden posee un par de alas funcionales, procede de ancestros con dos pares, por adaptación al vuelo, el par posterior se ha reducido a dos órganos diminutos exclusivos denominados halterios o balancines, funcionan como

giróscopos, con función estabilizadora, usados para controlar la dirección durante el vuelo (Portugal, 2013).

En Cuba se reporta por Alayo y García (1983) varias especies pertenecientes a la familia Dolichopodidae y entre ellas al género *Asyndetus* Loew con la especie *Asyndetus interruptus* (Loew) antes llamada *Diaphorus interruptus* Loew

A los miembros de esta familia se les conoce como "moscas patas-largas" y es una de las familias más diversas en los trópicos húmedos. Bickel (2013) ofrece las características siguientes para este grupo poseen la vena Sc generalmente unida con la R1, con la vena transversal r-m en el cuarto basal del ala, la celda dm y la bm unidas o sólo incompletamente separadas. Agrega que sin embargo, la familia es fácilmente reconocible por su forma general, su contextura delgada, patas largas, coloración frecuentemente azul-verde metálica y la arista de las antenas en forma de pelo, y que a pesar de que son buenos voladores, los dolichopódidos corren hábilmente sobre el follaje, troncos de árboles, depósitos planos de barro, piedras de los ríos. Este autor señala que esta familia posee más de 5000 especies descritas en el mundo, una fracción del número verdadero. Hay unas 300 especies de Centro América y sur de México, pero la mayoría de la fauna neotropical de estas moscas espera descripción, aún a nivel de género.

Los dolichopódidos son conocidos por sus complicados caracteres sexuales secundarios, que se supone ayudan al reconocimiento de los individuos de su misma especie durante el cortejo, e incluye aplanamiento de la arista antenal y los tarsos, en forma de bandera, setas y proyecciones de la cutícula muy modificadas, prolongación y deformación de podómeros, modificación de las alas. La cápsula genital de los machos generalmente muy agrandada y se extiende hacia adelante por debajo del abdomen (Bickel, 2013).

Brooks *et al.* (2006) ofrecen la fauna de los dolichopódidos del norte de México y entre ellos mencionan al género *Asyndetus* Loew que pertenece a la subfamilia *Diaphorinae*. Del mismo Wang y Yang (2013) plantean que tiene una amplia distribución mundial con aproximadamente 80 especies conocidas y de ellas 14 se conocen que son de la región Palearctica 11 de la Oriental y dos de

la Australiana, siete especies son reportadas en China *A. beijingensis*; *A. calcaratus* Becker, *A. guangxiensis* Zhang y Yang (2003); *A. latifrons* (Loew, 1857); *A. longicornis* Negrobov, *A. mutatus*, Becker (1922); *A. perpulvillatus*, (Parent, 1926).

Al respecto se señala que ha habido confusión entre las especies tipo de *Asyndetus* en los catálogos regionales. *Asyndetus ammophilus* Loew está reportado como la especie tipo en los catálogos Neartico, Neo tropical, Afrotropical por el contrario en los catálogos Oriental, Australianos, Australasiano y Paleartico reportan a *Diaphorus interruptus* Loew como la especie tipo incluyendo solo dos especies y en el caso del noble *Asyndetus*, particularmente *A. ammophilus* y *A. appendiculatus* ubicados ambos de la Isla Rhode. Por tanto la designación temprana de la especie cubana *Diaphorus interruptus* Loew como la especie tipo está invalidada ya que esta no es una especie de las originalmente incluidas (Campos, 2013).

Estudios realizados por Gill *et al.* (2011) para conocer el efecto de cuatro tipos de coberturas orgánicas sobre insectos y artrópodos de suelo arrojaron que los dípteros y entre éstos *Asyndetus* spp. Dolichopodidae se favorecieron en aquellas coberturas donde existían cortezas de pino, siendo más densas sus poblaciones durante los dos años de evaluación que duró la investigación.

2.3 Temperatura umbral ó cero biológico y unidades de calor de cada estado de desarrollo biológico

Ya desde el siglo XVIII se puso de relieve la importancia de la temperatura sobre el desarrollo de los insectos, relacionándose la duración del ciclo biológico de los insectos con la influencia de las temperaturas. Es fácil observar cómo se acorta la duración del ciclo biológico de los insectos cuando las temperaturas son más altas (Iwata y Pruess, 1981).

La suma de las temperaturas medias diarias menos el valor umbral durante la estación de crecimiento es constante para una determinada fase de desarrollo (Iwata y Pruess, 1981).

Los insectos pertenecen a los organismos poiquiloterms, es decir, producen poco calor y lo entregan con facilidad, de igual manera toman la alta

temperatura del medio. La temperatura de su cuerpo varía de acuerdo con la temperatura del medio, dentro de todos los factores climáticos la temperatura tiene para estos organismos la mayor importancia. El calor del medio circundante es transmitido al insecto, en general, de forma fácil y rápida, al igual que el calor propio producido por éste, a causa de la actividad metabólica y que es entregado de forma fácil al medio, de ahí que el calor del medio sustituya ampliamente la temperatura del cuerpo (Castillo, 2011)

La temperatura umbral ó cero biológico de mínimo desarrollo de los estados de los insectos es el nivel por debajo del cual la temperatura tiene poca contribución en el ciclo biológico de los organismos, aspectos que permiten conocer, además, el número de generaciones por año que tiene la especie en un régimen de temperatura dado. Los resultados obtenidos se recogen en una base de datos y se plantean en ejes de coordenadas para trazar las rectas que ilustran el desarrollo de cada estado del insecto en función del tiempo, se modela este comportamiento mediante la ecuación de regresión temperatura – tasa de desarrollo (Iwata y Pruess, 1981).

Las temperaturas umbrales y unidades de calor de cada estado de desarrollo se calculan mediante las expresiones citados por Iwata (1981).

$$TU = -a / b$$

$$UC = d (T-TU) \text{ ó } UC = 1/b \text{ Donde:}$$

TU= Temperatura Umbral de Desarrollo o Cero biológico

a= Punto donde la recta cruza el eje de las “Y”

b= Valor de la pendiente de la recta

UC= Unidades de calor o constante térmica

d=Días de desarrollo

T=Temperatura en que se desarrolló el ciclo

El número probable de generaciones por año se calcula sobre la base de datos históricos de temperatura promedio de un año y la duración de un ciclo de un organismo dado (Álvarez, 2013).

Temperatura térmica efectiva

Las unidades de calor (integral térmica) se calcula utilizando las curvas de los termógrafos; la superficie comprendida entre la curva de temperatura y la horizontal marcada con el cero biológico (umbral para el desarrollo de vida) da en grados-horas el valor de integral térmica (Iwata, 1981). El valor se debe calcular para un determinado año agrícola durante el período biológico, para así saber cuándo se producirá el final del período biológico, no debe olvidarse que el valor de la integral térmica se considera constante para una determinada especie. Si no se dispone de bandas de termógrafo se puede aproximar el valor mediante el cálculo con la temperatura media diaria agregando los valores por encima del cero biológico, se obtiene así la integral térmica en grados-día. Integral térmica = $\sum (t_{mi} - P_c)$; i = días del período biológico. (Pruess, 1981).

t_m : temperatura media °C.

P_c : cero biológico °C.

La temperatura térmica efectiva para el desarrollo de la especie se calcula con la sumatoria de temperatura efectiva por cada ciclo por la formula sugerida por Pruess (1981).

$$\sum TE_1 = n (T_1 - t_0) \quad \sum TE_2 = n (T_2 - t_0) \quad \sum TE_3 = n (T_3 - t_0)$$

Y se igualarán para despejar t_0 = cero biológico.

$$\sum TE = n (T - t_0)$$

n = Número de días

T = Temperatura media del día.

T_0 = Temperatura cero biológico.

Aplicando el método de sumas térmicas efectivas (también llamado método residual), se calculan los requerimientos térmicos para el cumplimiento de cada estado de desarrollo biológico. Estas sumas térmicas o grados-día de desarrollo biológico se obtiene por la formula sugerida por Pruess (1981).

$$\sum (T - T_b)$$

Donde: T es la temperatura media diaria y T_b es la temperatura base de desarrollo biológico, que en el caso de una especie es de 4,4°C. mientras que

la temperatura base de desarrollo es de 2,2°C. Cuando este aporte diario, (T-Tb) es menor a 0°C la suma se iguala a 0°C, es decir, no habría aporte térmico para ese día, utilizando este método. Cálculo de los grados por día

Donde:

$$\Sigma = (\text{día} / \text{temp.})$$

2.4 Metodologías de reproducción de entomófagos

El manual de metodologías de reproducción de entomófagos confeccionado por Abreu *et al.* (2013) especialistas del Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal (INISAV, 2013) establecen las metodologías de cría masiva de predadores utilizados en el control de plagas agrícolas y los parámetros de control de la calidad para la reproducción.

Proporción sexual

La proporción sexual se determina tomando al azar 100 individuos recién emergidos y se procede a la determinación de su sexo. La proporción de machos y hembras debe ser aproximadamente de 1:0,72. El primer número representa a los machos y el segundo a las hembras. Por la fórmula siguiente.

Proporción sexual= Σ hembras / Σ machos y la proporción se expresa 1M: XH

Fecundidad de la hembra adulta

La fecundidad de la hembra adulta es el número promedio de huevos por hembras la cual se determina seleccionando 10 parejas de adultos y se colocan en una caja de ovoposición. Durante cinco días siguientes se colectan y cuantifican diariamente el total de huevos depositados por las hembras. Al quinto día se determina el promedio por la formula siguiente

$$H/H = \Sigma H / 10$$

H/H= Huevos / Hembras

H= Cantidad de huevos diario / 10 parejas.

Longevidad de los adultos

La longevidad de los adultos es el tiempo de vida de la especie adulta, se contabiliza los días de vida de las hembras y machos, se determina así la longevidad mínima, media y máxima de los adultos según INISAV (2013).

2.5 Relación predador –presa

La relación predador–presa se considera efectiva cuando la relación es mayor de un predador por una presa ya que existe un equilibrio biológico en el agroecosistema, se determina por la fórmula sugerida por Vázquez *et al.* (1997)

$$RPp=P/p$$

Dónde:

RPp:= es la relación predador- presa.

P:= es el número de individuos del predador en la fase que actúa como tal

p:= es el total de individuos de la plaga en el ambiente.

2.6 Análisis beneficio costo de los resultados de las investigaciones

El análisis costo beneficio (ACB) es un importante instrumento en la toma de decisiones de cualquier proyecto de investigación, tanto antes, en el momento, como después de su ejecución. La Comunidad europea ha establecido la evaluación antes de todos los proyectos de inversión (Comunidad Europea, 2003). El Análisis costo beneficio (ACB) consiste en establecer un marco para evaluar si en un momento determinado en el tiempo, el costo de una medida específica (insumos, mano de obra, maquinaria, entre otras.) es mayor que los beneficios monetarios (ingresos) derivados de la misma. El ACB permite estimar cuál opción de política es más adecuada en términos económicos. (Leal, 2010).

Cuando el investigador no encuentra una diferencia estadísticamente significativa (y mayor) en los rendimientos, se podría sentir tentado a descartar los resultados y considerar el experimento como un fracaso (y de hecho esto quizá ha sido una práctica común). Sin embargo, puede dar origen a una recomendación útil al cruzar el análisis estadístico con una comparación de costos. Lopera (1999) recomienda realizar un análisis marginal beneficio costo para los casos en que el rendimiento o ingreso de la variante nueva es mayor,

pero también es mayor el costo de inversión y hay diferencia estadística entre los resultados de la variante nueva y la estándar. Se recomienda realizar un análisis marginal beneficio costo para la toma de decisión de la mejor alternativa teniendo en cuenta los costos variables, cuando los costos fijos se mantienen idénticos en las variables en estudio, entonces la mejor variable desde el punto de vista económico es aquella que presenta más alta la relación beneficio costo (CIMMYT, 1998). Esta organización ha introducido el método del presupuesto parcial para hacer los análisis beneficio costo sobre los costos variables, sin considerar los costos fijos.

Hay muchos métodos para realizar el análisis beneficio costo cada uno tiene ventajas y desventajas que afectan su capacidad de adaptación a propósitos específicos de evaluación; la combinación de métodos es, con frecuencia, lo más indicado. Maza *et al.* (2008) han empleado con éxito metodología del presupuesto parcial del Centro Internacional de Metodologías (CIMMYT) para evaluar el impacto económico de la obtención de nuevos genotipos de boniato (*Ipomoea batatas* Lam) y yuca (*Manihot esculenta* Crantz) del INIVIT.

En el manual del CIMMYT (1998) se ponen de ejemplo de costos variables clásicos aquellos como los de la semilla, los fungicidas, la fuerza de trabajo, los fertilizantes y otros, que se requieren en unas variantes experimentales y otras no, pudiéndose determinar la efectividad económica y se define la relación beneficio costo como: Valor del incremento de la producción de la variantes nueva menos el costo adicional del tratamiento de la variante con respecto al testigo ó la Relación beneficio/costos como la Diferencia en beneficio dividido entre la Diferencia en costos variables.

Las evaluaciones financieras constituyen un proceso organizativo para mejorar las actividades todavía en marcha y ayudar a la administración en la planificación y toma de decisiones futuras, encaminadas a determinar sistemática y objetivamente la pertinencia, eficacia e impacto de todas las actividades a la luz de sus objetivos. Las evaluaciones persiguen distintas metas, por lo que la información tiene que ser organizada según las finalidades establecidas y de acuerdo con la etapa del proyecto a que se haga referencia (Mata, 2015). Internacionalmente existen disímiles modelos y perspectivas de evaluación que fueron perfeccionando su enfoque inicial y más sencillo por

otros cada vez más participativos. Para González (2000) las tres corrientes actuales son: el análisis costo beneficio (ACB) y costo efectividad (ACE) provenientes de la economía; el enfoque de marco lógico (EML), y el diagnóstico rural participativo (DRP).

Para facilitar la comparación se utiliza un conjunto de indicadores sencillos. Respecto a la ejecución del proyecto, se han determinado dos indicadores: el Indicador de Costos (IC) y el Indicador de Cumplimiento Temporal (ICT) y, sobre el impacto del mismo, se formulan otros indicadores: Indicador de Eficiencia (IE) y el Indicador de eficacia impacto, y como otros aspectos a analizar se encuentran los indicadores de Sostenibilidad y Pertinencia del proyecto (Mata, 2015).

Eficiencia económica (IE) resulta la comparación porcentual entre los valores de la ejecución del proyecto por la formula sugerida por Mata (2015)

$$IE = \left[\frac{VAN \text{ expost}}{VAN \text{ exantes}} \right] - 1$$

Donde:

VAN ex antes es el valor actual neto antes

VAN ex post es el valor actual neto después

Eficacia (IEficacia) Se exponen en unidades porcentuales y expresa el grado de cumplimiento de las metas físicas y financieras establecidas en el proyecto, puede ser trabajado a partir de las ventas u otras variables definidas y que permiten medir resultados por la formula sugerida por Mata (2015)

$$IEficacia = \frac{Ventas \text{ ex post} - Ventas \text{ ex antes}}{Ventas \text{ ex antes}}$$

3 Materiales y métodos

La presente investigación se realizó durante los años 2014 - 2015 en cuatro locales seleccionados de la Cooperativa de Créditos y Servicios (CCS) Patricio Lumumba del municipio Aguada de Pasajeros, con la colaboración y utilización de las instalaciones de la especialidad de Entomología perteneciente al Laboratorio Provincial de Sanidad Vegetal (LAPROSAV) y la Universidad de Cienfuegos (UCF), de conjunto con la Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas (UCLV).

Los locales seleccionados fueron:

1. Local de curtir pieles del centro de elaboración “El Galeón” (Local donde apareció naturalmente el predador)
2. Local de cría porcina del productor Eduardo González Pérez “Porcino Eduardo”.
3. Local de cría porcina del productor Yoan González Tamayo “Porcino Yoan”.
4. Local de cría porcina del productor Nardo Pereira Díaz (Testigo). “Porcino Nardo”.

3.1 Determinación de la duración del ciclo biológico de *Asyndetus* sp. y número de generaciones de la especie a temperatura controlada en condiciones de laboratorio

Para determinar la duración del ciclo biológico de *Asyndetus* sp. se instaló una incubadora marca Memmert en el laboratorio (Figura1), entre los meses de febrero a mayo del año 2015, se utilizaron 50 huevos frescos de la especie, los cuales se depositaron cuidadosamente sobre pedazos de pieles de 5 mm libre de insectos, colocados individualmente en tubos de ensayos tapados con entrada de aire, situados en la incubadora a temperatura constante de 20 °C en el primer tratamiento, 25 °C en el segundo tratamiento y a temperatura ambiente para el tercer tratamiento en el cual se instaló un higrotermógrafo marca OTA KEIKI SEISAKUSHO CO., LTD Tokyo, con medición de frecuencia de temperatura de -15 a + 45 °C y de humedad relativa de 0 a 100 %, que registra la humedad relativa y temperatura existente en el local del laboratorio (Figura 2).



Figura 1. Incubadora



Figura 2. Higrotermógrafo

Las observaciones se realizaron cada seis horas, durante la duración de los diferentes estados de desarrollo del ciclo biológico de la especie. Se registraron los datos de la duración de cada estado, eclosión de los huevos, la emergencia de las larvas, la formación de las pupas y la emergencia de los adultos.

Se realizó una análisis de regresión lineal entre la duración del ciclo biológico a temperatura ambiente promedio de $27,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ para cada estado de desarrollo del insecto y para el ciclo completo de huevo - adulto. Para ello se empleó el paquete estadístico SPSS.

3.1.1 Temperatura Umbral de Desarrollo o Cero Biológico y Constante Térmica efectiva de desarrollo de la especie

Para calcular la temperatura umbral ó cero biológico de mínimo desarrollo de los estados del biorregulador, se registró el tiempo empleado para completar los diferentes estados de desarrollo a temperatura constante (20 y 25 °C) y temperatura ambiente en que fueron sometidas como se explicó en el epígrafe 3.1.

A partir de las regresiones lineales obtenidas en el epígrafe 3.1 se calculó el cero biológico de cada estado del biorregulador mediante las expresiones siguientes (Iwata, 1981).

$$TU = \frac{-a}{b}$$

Donde:

TU es la temperatura Umbral de Desarrollo o Cero biológico.

—*a* es el punto donde la recta cruza el eje de las “Y”.

b es el valor de la pendiente de la recta.

3.1.1.1 Temperatura térmica efectiva para el desarrollo de la especie

Para determinar la temperatura efectiva para el desarrollo de la especie se calculó la sumatoria de temperatura efectiva en los tres tratamientos de las diferentes temperaturas mencionadas anteriormente considerando para el caso del presente estudio por la siguiente formula sugerida por Pruess (1981).

Donde

$$TE = n (T - t_0)$$

$$\sum TE_1 = n (T_{20} - t_0) \quad \sum TE_2 = n (T_{25} - t_0) \quad \sum TE_3 = n (T_{amb.} - t_0)$$

Estas se igualaron para despejar t_0 (cero biológico): donde

n = Número de días de vida de cada estado de desarrollo del insecto.

T = Temperatura media del día.

t_0 = Temperatura cero biológico.

A partir de la ecuación $\sum TE = n (T - t_0)$ y con el conocimiento de t_0 , de la Suma de temperatura efectiva para la especie y la temperatura promedio anual del local Porcino Eduardo de la CCS Patricio Lumumba en Aguada de Pasajeros se determinó la duración del ciclo biológico de la especie (n) para ese nicho ecológico.

3.1.2 Número de generaciones al año del biorregulador

Se calculó el número probable de generaciones por año (N) sobre la base de la duración del ciclo biológico del insecto a temperatura ambiente promedio de los periodos lluvioso y poco lluvioso del año 2015 obtenida del local Porcino Eduardo de la CCS Patricio Lumumba en Aguada de Pasajeros (n), para ello se dividió los días de cada periodo y el total de días del año entre la temperatura efectiva (TE) y está entre la constante térmica, metodología utilizada por Álvarez (2013), o sea,

$$N = 365/n$$

3.1.3 Características biológicas de los estados de desarrollo de la especie

Para determinar las características biológicas de desarrollo de la especie se tomaron las dimensiones de los estados: huevo, larva, pupa y adulto, para ello se midió el ancho y largo de 50 ejemplares con un micrómetro ocular montado en un microscopio-estereoscopio marca Arbtamn (Figura 3), los valores fueron registrados y determinados sus promedios. Además se describieron las características biológicas, proporción de sexo, fecundidad y longevidad.



Figura 3. Microscopio-estereoscopio

3.1.3.1 Proporción de sexo

Para determinar la proporción de sexo se tomaron tres muestras al azar de 100 adultos del predador en los nichos ecológicos en estudio, el local de curtido de pieles del centro de elaboración “El Galeón” y los dos porcinos de la CCS Patricio Lumumba. Los insectos se adormecieron con éter y se procedió a diferenciar los sexos con un microscopio- estereoscopio. Se cuantificó el total de hembras y machos, se dividió la cantidad de hembras obtenidas entre los machos. Para ello se empleó la fórmula sugerida por INISAV (2013).

Donde:

$$\text{Proporción sexual} = \frac{\sum \text{Hembras}}{\sum \text{Machos}}$$

3.1.3.2 Fecundidad de la hembra adulta

Para determinar el número de huevos ovopositados por hembra se colectaron pupas en cada local en estudio y posteriormente se tomaron 10 parejas de adultos de *Asyndetus* sp. recién nacidos los cuales fueron depositados cuidadosamente cada pareja sobre pedazos de pieles de 5 milímetros libre de insectos, que se colocaron en tubos de ensayos tapados con entrada de aire, donde se le suministró el alimento (huevos de mosca doméstica) y la humedad relativa se mantuvo por encima del 70%.

Diariamente mientras se encontraban vivos los miembros de la pareja, se cuantificó el número de huevos ovopositados por hembra, con lo cual se determinó la fecundidad de la hembra adulta mediante la fórmula sugerida por INISAV (2013):

$$\frac{H}{H} = \sum \frac{H}{P}$$

Donde:

$\frac{H}{H}$ = Huevos ovopositados por hembras.

$\frac{H}{P}$ = Número de huevos diario por parejas.

3.1.3.3 Longevidad de los adultos

Para determinar el tiempo de vida de la especie adulta, se realizó de manera similar al análisis de la fecundidad de la hembra adulta. Se contabilizaron los días de vida de las hembras y machos, con lo cual se obtuvo la longevidad mínima, media y máxima de los adultos, se siguió la metodología sugerida por INISAV (2013).

3.2 Evaluación de la influencia de las condiciones ambientales sobre las poblaciones de *Asyndetus* sp. y de mosca doméstica en tres nichos ecológicos

Para evaluar la influencia de las condiciones ambientales sobre las poblaciones de *Asyndetus* sp. y de mosca doméstica, se liberó el biorregulador en los tres locales porcinos seleccionados, colectando en bolsas de nylon 100 ejemplares de cada uno de los estados de desarrollo biológico, huevo, larva, pupa y adulto del predador establecido naturalmente en el local de curtir pieles del centro de elaboración “El Galeón” y estos se depositaron en los registros donde se vierten las excretas de los cerdos en los locales.

Condiciones ambientales de los locales seleccionados y el entorno

Local de curtir pieles del centro de elaboración “El Galeón”

La instalación del local de curtir pieles del centro de elaboración “El Galeón” (Figura 4) está construida con paredes de mampostería, ventanales de celosillas que le permite la ventilación al interior del mismo. El techo es de guano. El establecimiento en su parte trasera e izquierda presenta árboles forestales que le proporcionan sombra durante todo el año, en su banda frontal se encuentra el centro de elaboración de embutidos y en el lado derecho el matadero de ganado vacuno, que proporciona la materia prima para el proceso productivo del centro.

A continuación del matadero se encuentra el estabulado de los animales que se van a sacrificar. En los alrededores existen árboles forestales; así como excretas de los animales que proporcionan las condiciones favorables para el desarrollo tanto del biorregulador como de la presa.

En el proceso de curtido, las pieles son fuentes de alimento para el desarrollo del ciclo biológico de la mosca doméstica que coloca sus huevos en ellas para que al eclosionar los mismos las larvas se alimenten de las fuentes de energía

que presentan las pieles. En este local el predador apareció de manera natural, y fue descubierto por primera vez predando los huevos y las larvas pequeñas de mosca doméstica (Castellanos *et al.*, 2009).



Figura 4. Instalación del local de curtir pieles del centro de elaboración “El Galeón”

Local de cría porcina de productor Eduardo González Pérez “Porcino Eduardo”. Este local (Figura 5) se encuentra en la calle Calixto García número 74 en el Consejo Popular Libertad de Aguada de Pasajeros. Detrás de la vivienda del productor están los corrales de cría porcina. Los mismos fueron construidos con rejas de cabillas y angulares metálicos para favorecer la ventilación de los animales. El techo es de guano, en los alrededores presenta plantaciones de árboles frutales como mango (*Mangifera indica* L.) y aguacate (*Persea americana* Mill.) que dan sombra todo el día.

Las excretas de los animales sirven como fuente de cría para la mosca doméstica. Antes de la investigación no existían poblaciones de *Asyndetus* sp. según observaciones realizadas.



Figura 5. Local de cría porcina de productor Eduardo González Pérez “Porcino Eduardo”

Local de cría porcina del productor Yoan González Tamayo “Porcino Yoan”

Este local (Figura 6) se encuentra en la calle Federico Landera número 26 en el Consejo Popular Federal de Aguada de Pasajeros. Detrás de la vivienda del productor están los corrales de cría porcina. Los que fueron construidos con rejas de cabillas para favorecer la ventilación de los animales. El techo es de fibrocemento, en los alrededores presenta plantaciones de árboles frutales como aguacate y guayaba (*Psidium guajava* L.), que dan sombra todo el día, que regulan de esta manera la temperatura, luz y humedad relativa a que están sometidos los animales.

Las excretas de los animales sirven como fuente de cría para la mosca doméstica. Antes de la investigación no existían poblaciones de *Asyndetus* sp.



Figura 6. Local de cría porcina del productor Yoan González Tamayo “Porcino Yoan”

Local de cría porcina del productor Nardo Pereira Díaz (Testigo). “Porcino Nardo”

Este local (Figura 7) se encuentra en la calle Capitán Ojito número 12 del Consejo Popular Federal de Aguada de Pasajeros. Detrás de la vivienda del productor están los corrales de cría porcina. Los mismos fueron construidos con rejas de cabillas para favorecer la ventilación de los animales. El techo es de planchas de zinc. Los árboles establecidos no proporcionan suficiente sombra que regulan la temperatura, luz y humedad relativa a que están sometidos los animales.

Las excretas de los animales sirven como fuente de cría para la mosca doméstica. Antes y después de la investigación no existen poblaciones de *Asyndetus* sp. por lo cual fue usado en la investigación como unidad control.



Figura 7. Local de cría porcina del productor Nardo Pereira Díaz (Testigo). “Porcino Nardo”

3.2.1 Establecimiento del predador y determinación de la influencia de las condiciones ambientales sobre las poblaciones de *Asyndetus* sp. y la mosca doméstica en el “Porcino Eduardo”

Para conocer la influencia de las condiciones ambientales sobre las poblaciones de *Asyndetus* sp. y la mosca doméstica en el “Porcino Eduardo” se instaló el higrotermógrafo antes mencionado para realizar observaciones diariamente de temperatura y humedad relativa y se realizaron mediciones de la iluminación existente con un luxómetro en el horario de mayor intensidad luminosa (2:00 PM) semanalmente durante los dos periodos del año: lluvioso correspondiéndose a los meses de mayo a octubre y poco lluvioso de noviembre a abril de los años 2014 – 2015.

Para determinar las poblaciones del predador se contabilizaron en los cuatro centros las cantidades de larvas y adultos de *Asyndetus* sp. así como las cantidades de mosca doméstica en los estados de huevo y larva. Los muestreos tanto del predador como de la presa se realizaron en cinco puntos en cada local seleccionado con un marco de un metro cuadrado (Figura 8), donde se contabilizaron el número de individuos de cada especie por separado, según lo indica Vázquez *et al.* (1997).



Figura 8. Muestreo con el marco de un metro cuadrado, usado para contabilizar las poblaciones del predador y la presa

Se determinó la acción biorreguladora de *Asyndetus* sp. mediante muestreos y conteos mensualmente de las poblaciones del predador y de la presa que permitió conocer las fluctuaciones de estas en los periodos: poco lluvioso y lluvioso en los dos años estudiados 2014 y 2015 en el “Porcino Eduardo”.

Las variables evaluadas en el “Porcino Eduardo” fueron:

- Temperatura media (°C).
- Humedad relativa (%).
- Iluminación (Lux).
- Poblaciones del predador (individuos/ m²).
- Poblaciones de la presa (individuos/ m²).
- Relación Predador presa (Predadores/ presas).

Los datos para el análisis de las medias y de las correlaciones entre las variables meteorológicas (temperatura, humedad relativa e iluminación) y las fluctuaciones de las poblaciones en dos ambientes se obtuvieron de dos fuentes: la primera de los equipos de medición instalados en las condiciones

del Porcino Eduardo que son representativos para los agroecosistemas donde están ubicados los locales: El Galeón y Porcino Yoan. La segunda se obtuvo de la base histórica registrada en la Estación Meteorológica Municipal Aguada, suministrada por el Centro Meteorológico Provincial de Cienfuegos, que es representativa para el agroecosistema donde está ubicado el Porcino Nardo (testigo).

3.3 Determinación de la capacidad predadora de *Asyndetus sp.* sobre la mosca doméstica en los tres nichos ecológicos

El método empleado para determinar la acción biorreguladora y la relación predador presa de *Asyndetus sp.* sobre la mosca doméstica fue mediante muestreos y conteos a las poblaciones de ambas especies en cinco puntos en cada área con un marco de un metro cuadrado de los tres locales en estudio. Se evaluaron de manera similar a la desarrollada en la influencia de las condiciones ambientales sobre las poblaciones de *Asyndetus sp.* y la mosca doméstica.

Las variables que se evaluaron fueron:

- Poblaciones del predador (individuos/ m²).
- Poblaciones de la presa (individuos/ m²).

Se determinó la relación predador –presa por la fórmula sugerida por Vázquez *et al.* (1997)

$$RPp = \frac{P}{p}$$

Dónde:

RPp:= es la relación predador- presa.

P:= es el número de individuos del predador en la fase que actúa como tal.

p:= es el total de individuos de la presa en el ambiente.

Se realizó un análisis varianza de clasificación simple entre los cuatro sitios en estudio: el local de curtir pieles del centro de elaboración “El Galeón”, los tres locales porcinos de la CCS Patricio Lumumba del municipio Aguada de Pasajeros. Las variables poblacionales comparadas fueron: poblaciones de *Asyndetus sp.*, poblaciones de mosca común y relación predador presa. Las medias fueron comparadas por Tukey con un 5 % de probabilidad de error

($P \leq 0.05$). Se empleó para ello el paquete estadístico SPSS para Windows versión 15.0.

3.4 Análisis de la viabilidad económica del establecimiento y desarrollo de la especie en los tres centros en estudio

Se realizó una valoración económica del monto en CUP que se ahorró en el local de curtir pieles del centro de elaboración “El Galeón” por la no aplicación de pesticidas químicos desde el año 2008 al 2015 y el no pago del servicio contratado mensualmente al Sistema Provincial de Sanidad Vegetal para el control de la mosca doméstica en el centro.

Se realizó un análisis de factibilidad económica del traslado y establecimiento de la especie en los tres locales porcinos Eduardo, Yoan y Nardo utilizando la metodología de los indicadores de Eficiencia (IE) y de eficacia e impacto económico que se calcularon a partir de las fórmulas recomendadas por Mata (2015):

$$IE = \left[\frac{VAN \text{ ex post}}{VAN \text{ ex antes}} \right] - 1$$

Donde:

IE= es la eficiencia económica que se calcula a partir de la comparación porcentual entre los valores de la producción obtenida en los centros porcinos.

VAN ex post = Valor actual neto de la producción obtenida de los centros porcinos Eduardo y Yoan.

VAN ex antes = Valor actual neto de la producción obtenida del centro porcino Nardo (testigo).

$$IE_{\text{eficacia}} = \frac{\text{Ventas ex post} - \text{Ventas ex antes}}{\text{Ventas ex antes}}$$

Donde:

IE_{eficacia}= es la eficacia económica que se expone en unidades porcentuales y expresa el grado de cumplimiento de las ventas de la producción obtenida en los centros porcinos.

Ventas ex post = Ventas de los cerdos de los centros Porcinos Eduardo y Yoan

Ventas ex antes = Ventas de los cerdos del centro porcino Nardo (testigo)

Para los cálculos de los ingresos por las ventas se tuvo en cuenta el precio actual de la tonelada de cerdo en pie que es de 28260.00 CUP, establecido por el Ministerio de Finanzas y precios. Donde los indicadores económicos calculados fueron:

- Valor de la producción de carne en pie por 50 cerdos(TM)
- Costo de la producción de carne en pie por 50 cerdos (CUP)
- Ingresos por ventas de la producción (CUP)

El efecto social al asentamiento poblacional donde están enclavados los nichos ecológicos, se efectuó durante el periodo lluvioso que es cuando la plaga ambiental causa las mayores molestias y se obtuvo a partir de la aplicación de entrevistas a los productores y pobladores.

Las entrevistas se realizaron por tres especialistas de la Empresa Agropecuaria Primero de Mayo de Aguada de Pasajeros, a 16 trabajadores de tres centros porcinos de la CCS Patricio Lumumba y a 16 trabajadores del centro de elaboración "El Galeón".

4 Resultados y discusión.

4.1 Determinación de la duración del ciclo biológico de *Asyndetus* sp. y el número de generaciones de la especie en condiciones de laboratorio

El ciclo biológico y duración en días para los estados de desarrollo de *Asyndetus* sp. a temperatura constante de 20, 25 °C y a temperatura ambiente promedio de 27,1 °C aparecen reflejados en la Tabla 1. Se observa que el ciclo de vida de *Asyndetus* sp. desde huevo hasta adulto disminuye con el incremento de las temperaturas anteriormente señaladas. A medida que las temperaturas disminuyen se incrementa la duración del ciclo del insecto, lo cual es característico de los miembros de la Clase Insecta y es la temperatura dentro de los factores climáticos el de mayor importancia (Iwata y Pruess, 1981, Castillo, 2011).

Tabla 1. Duración de los estados de desarrollo de *Asyndetus* sp. a temperatura constante de 20, 25 °C y a temperatura ambiente promedio de 27,1 °C (Ta)

Temperatura (°C)	Huevos (días)	Larvas (días)	PrePupas (días)	Pupas (días)	Adultos (días)	Huevo-Adulto (Días)
20	4,2	8,2	3,1	8,1	18,1	23,6
25	3,1	7,7	2,2	7,2	17,2	20,2
27,1	2,2	6,5	1,6	6,2	16,6	16,5

4.1.1 Temperatura Umbral de Desarrollo o Cero Biológico y Constante Térmica efectiva de desarrollo de la especie

Se obtuvieron medias lineales de buen ajuste con coeficientes de correlación altamente significativos y coeficiente de determinación ajustado (R^2) superiores a 0,76 para la duración del ciclo de cada estado del insecto y la duración de huevo a adulto con la temperatura (Tabla 2), lo cual permitió estimar el umbral o cero biológico de desarrollo y las temperaturas térmicas efectivas.

Tabla 2. Ecuación de regresión, temperatura umbral o cero biológico (TU) y temperatura térmica efectiva (TE) para los diferentes estados de desarrollo de *Asyndetus* sp.

Estados de desarrollo	Ecuación de Regresión	R ²	TU (°C)	TE (°C)
Huevo	$Y = -3,240 - 0,927X$	0,860	12,2	24,2
Larva	$Y = -3,511 - 0,872X$	0,761	10,1	87,1
Prepupa	$Y = -4,100 - 0,916X$	0,839	10,8	20,8
Pupa	$Y = -3,392 - 0,923X$	0,851	11,3	73,7
Huevo- Adulto	$Y = -1,179 - 0,971X$	0,943	11,1	205,8

Y= Duración de desarrollo

X= Temperatura

R²= Coeficiente de determinación ajustado

Para los estados de huevo, larva, prepupa, pupa y de huevo - adulto, la temperatura umbral vario entre 10,1 y 12,2 °C.

Esto significa que cuando las temperaturas sean inferiores a 12,0 °C se detiene el desarrollo de la especie al menos para el estado de huevo, ya que los procesos metabólicos que se realizan por el insecto no son capaces de proporcionar la energía necesaria al organismo afectándose la continuidad de su desarrollo (Iwata y Pruess, 1981, Castillo, 2011).

La temperatura efectiva de 205 °C es la cantidad de calor necesaria en esta especie para completar el desarrollo de su ciclo biológico, de acuerdo a lo señalado por Pruess (1981).

El número total de generaciones estimadas para un año es 20,7, lo que significa un promedio de 8,9 generaciones para el periodo poco lluvioso y de 11,8 para el periodo lluvioso lo cual resulta favorable ya que en ese periodo ocurre mayor incremento de las temperaturas y mayor desarrollo de las poblaciones de mosca doméstica en Cuba (Tabla 3). La situación resulta favorable para *Asyndetus* sp. si se tiene en cuenta según Junquera (2013). la mosca doméstica puede tener un total de generaciones en el año entre 8 y 12

para climas moderados y algo superior para climas tropicales iguales valores a los obtenidos por el predador.

Tabla 3. Suma de temperaturas efectivas (E) y número probable de generaciones de *Asyndetus* sp.

Periodos	Número de días (d)	Temperatura promedio (T)	$E = (T-t) d$	Número de generaciones= E/C
Poco lluvioso	182	22,3	1838,2	8,9
Lluvioso	183	25,5	2433,9	11,8
Total año	365		4272,1	20,7

t = Umbral de desarrollo o cero biológico = 12,2 °C.

C = Constante térmica = 205,8°C.

d= Número de días del periodo.

Álvarez (2013), empleó la misma metodología al interpretar el umbral de desarrollo de *Tetrastichus howardi* (Olliff).

Estos son los primeros datos de biología que se dan a conocer para *Asyndetus* sp. en Cuba.

Se comprueba que en el periodo lluvioso que es el más caluroso del año *Asyndetus* sp. puede desarrollar más de 11,0 generaciones, lo cual da una medida de su potencial biológico

Estos resultados muestran que este predador tiene una duración del ciclo biológico tan corto como el de mosca doméstica lo que constituye una cualidad importante para regular las poblaciones de esta, lo que se agrega a que tanto el estado de larva como el de adulto depreden huevos y larvas de mosca doméstica (Castellanos *et al* 2009)

4.1.2 Características biológicas de los estados de desarrollo de la especie

Los huevos se caracterizan por tener forma cilíndrica con los extremos redondeados, con un color blanco amarillento hasta tornarse amarillo más intenso en el transcurso del tiempo (Figura 8). Estos tienen una longitud de

0,59 ± 0,4 mm y eclosionan de 2 a 4 días cuando la temperatura oscila entre 20 y 27,1 °C.



Figura 8. Estado de huevo de *Asyndetus* sp. a la izquierda y de mosca doméstica a la derecha, sobre la piel

Las larvas de esta especie son vermiformes con el extremo anterior aguzado, su cuerpo se encuentra cubierto de una serie de pequeños tubérculos con una longitud inicial de 1,2 mm que llega a alcanzar hasta 3,2 mm. La coloración es blanco transparentes recién eclosionadas y se tornan blanco cremosa más tarde (Figura 9).



Figura 9. Estado de larva de *Asyndetus* sp. sobre la piel.

Las prepupas se mantienen adheridas sobre el sustrato con una duración de 1 a 3 días, las pupas (Figura 10) son de color carmelita anaranjado con los extremos aguzados y rodeados su cuerpo de tubérculos. La longitud es de $2,7 \pm 0,7$ mm oscilando entre 1,3 a 3 mm.



Figura 10. Estado de pupa de *Asyndetus* sp.

Los adultos tienen color pardo oscuro con cabeza y ojos relativamente grandes (Figura 11).



Figura 11. Estado de adulto de *Asyndetus* sp. predando sobre la piel del ganado en proceso de curtido

Las alas, típicas del género con la nervura costal prolongada hasta la tercera vena longitudinal R 4 + 5, como se describe para la familia (Alayo y Garcés, 1989). Al final del ala M1 puede encontrarse una pequeña macula triangular de color oscuro, que en el caso de la especie en estudio es mucho más marcada en el macho que en la hembra lo que evidencia dimorfismo sexual de la hembra y el macho (Figura 12 y 13).



Figura 12. Ala del macho del estado adulto de *Asyndetus* sp.

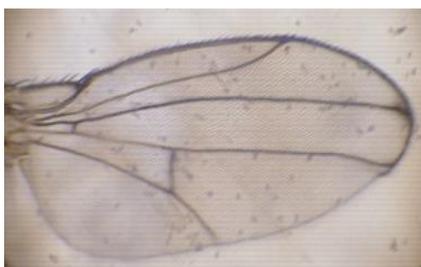


Figura 13. Ala de la hembra del estado adulto de *Asyndetus* sp.

4.1.3 Proporción de sexo

La proporción de sexo de adultos de *Asyndetus* sp en los tres nichos ecológicos en estudio, varió de 1: 0,69 a 1: 0,85 (Tabla 4).

Tabla 4. Proporción de sexo de adultos de *Asyndetus* sp en los tres nichos ecológicos en estudio

Nichos ecológicos	Machos	Hembras	Proporción sexual 1M : H
El Galeón	56	44	1,0 : 0,78
Eduardo	54	46	1,0 : 0,85
<u>Yoan</u>	59	41	1,0 : 0,69

Estas pequeñas variaciones no se asociaron a las condiciones del entorno de cada local en estudio, ya que El Galeón donde se estableció naturalmente *Asyndetus* sp. la proporción de sexo quedó intermedia entre los dos centros porcinos donde éste se trasladó artificialmente. Esto indica que la proporción de sexo para los tres nichos es cercano a 1: 1, no afectando el establecimiento y desarrollo del predador.

4.1.4 Fecundidad de la hembra adulta

Los promedios de huevos ovopositados diarios por hembras en los tres nichos ecológicos en estudio variaron entre 45,5 y 51,5 (Tabla 5)

Tabla 5. Huevos ovopositados por hembras en los tres nichos ecológicos en estudio

Nichos ecológicos	Huevos ovopositados por hembras		
	Mínimo	Promedio	Máximo
El Galeón	45,0	51,5	58,0
Eduardo	38,0	45,5	53,0
Yoan	41,0	46,0	51,0

El número mínimo de huevos puestos por hembra de *Asyndetus* sp osciló entre 38 y 45 y el máximo entre 51 y 58. Esto indica que la fecundidad de la hembra adulta en los tres locales en estudio es favorable para su establecimiento y desarrollo Junquera (2013) plantea que una hembra de mosca doméstica puede poner hasta un total de 900 huevos en paquetes de 75 a 150 cada vez. Situación que *Asyndetus* sp. compense con la duración del ciclo biológico más corto.

4.1.5 Longevidad de los adultos

La longevidad de las hembras adultas de *Asyndetus* sp. mostró valores superiores a los de los machos (Tabla 6)

Tabla 6. Días de vida de los adultos en los tres nichos ecológicos en estudio

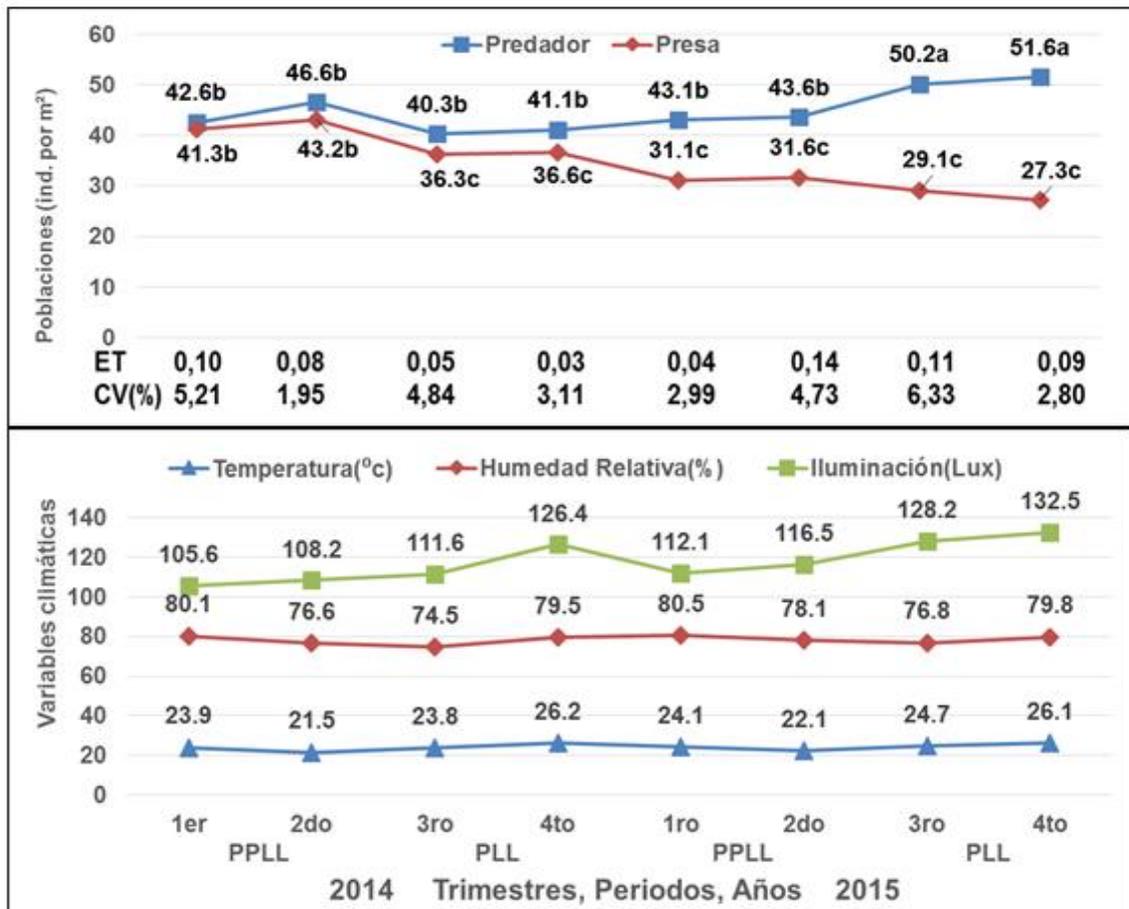
Nichos ecológicos	Días de vida de los adultos (promedio)	
	Hembras	Machos
El Galeón	17,8	15,3
Eduardo	16,4	15,6
<u>Yoan</u>	17,1	14,5

Los días de vida de los adultos de *Asyndetus* sp osciló entre 16,4 y 17,8 como promedio para las hembras y entre 14,5 y 15,3 para los machos, estos resultados de longevidad son favorables para el establecimiento y desarrollo de *Asyndetus* sp. en un nicho ecológico artificial, lo cual resulta de gran utilidad para la cría artificial de esta especie como medio biológico. Plantea Bayer (2013) que el ciclo completo de mosca doméstica tarda de 1 a 4 semanas, según la temperatura. Esto favoreció el establecimiento y desarrollo de *Asyndetus* sp. en los nichos ecológicos ya que el ciclo completo del predador es más corto y permitió un equilibrio biológico entre las poblaciones del predador y la presa.

4.2 Evaluación de la influencia de las condiciones ambientales sobre las poblaciones de *Asyndetus* sp. y mosca doméstica en tres nichos ecológicos en los periodos lluvioso y poco lluvioso de los años 2014-2015

Las medias de poblaciones de *Asyndetus* sp. y mosca doméstica en el “Porcino Eduardo” en los periodos: lluvioso y poco lluvioso de los años 2014-2015, arrojaron que *Asyndetus* sp. alcanzó poblaciones en los estados activos como biorregulador de 51,6 individuos/ m² promedio (Figura 14). En el caso de la mosca doméstica obtuvo poblaciones de 27,3 individuos / m² en los estados de huevos y larvas como presa en el último trimestre del periodo lluvioso del año 2015 manifestando diferencias significativas entre las poblaciones del predador y la presa, a partir del tercer trimestre del año 2014.

Este resultado fue favorecido por las condiciones climáticas existentes en el área, que fueron propicias para su desarrollo: con humedad relativa media de 74,5 a 80,5 %, iluminación por debajo de los 132,5 lux y temperatura media de 21,5 a 26,2 °C.



Letras desiguales en las columnas presentan diferencias significativas ($P < 0,05$)

Figura 14. Influencia de las variaciones de temperatura, humedad relativa e iluminación sobre las fluctuaciones de poblaciones de *Asyndetus* sp. y mosca doméstica en el "Porcino Eduardo" en los periodos poco lluvioso y lluvioso de los años 2014- 2015

Estas condiciones ocurrieron debido a que el techo de la instalación es de guano con paredes de reja que ventilan el local, además, está protegido por árboles frutales que atenúan las radiaciones del sol, con lo cual se reduce la temperatura y se eleva la humedad relativa. Esto permitió la existencia de huevos y larvas de la presa en los periodos evaluados, propiciando un equilibrio biológico entre el predador y la presa bajo este ambiente.

Las poblaciones de *Asyndetus* sp. estuvieron influenciadas por las variaciones de las temperaturas ($r = 0,919^{**}$) y de iluminación ($r = 0,746^{*}$), de manera lineal pues al incrementarse ambas variables meteorológicas aumentaron las poblaciones de ambos insectos en los periodos evaluados. Esto se atribuye a

la influencia marcada de la temperatura sobre el ciclo biológico de los insectos y se puso en evidencia cuando se determinó la duración del ciclo de cada estado de desarrollo de *Asyndetus* sp. en el epígrafe 3.1. Una relación similar fue determinada por Álvarez (2013) cuando estudió la duración de los estados de desarrollo de *Tetrastichus howardi* con relación a la temperatura.

La iluminación mostró estrecha relación con las temperaturas ($r=0,648^*$) lo que explica que ambas variables tengan gran influencia sobre las poblaciones de los insectos, o sea que a menor iluminación son más bajas las temperaturas en el local.

Se observa que la relación predador presa está influenciada por el predador ($r=0,64^*$) y la presa ($r=-0,831^*$) que presentaron condiciones similares de temperatura, humedad relativa e iluminación en cada uno de los periodos evaluados (Tabla 7)

Tabla 7. Influencia de las variaciones de temperatura, humedad relativa y iluminación sobre las fluctuaciones de poblaciones de *Asyndetus* sp. y mosca doméstica en el Porcino Eduardo en los periodos poco lluvioso y lluvioso de los años 2014- 2015

Variables	Periodos	Población del Predador	Población de Presa	Relación de la Predador presa(RPp)	Temperatura.	Humedad Relativa	Iluminación
Años	0	0.574	-,761(*)	,872(**)	-0.035	-0.202	0.497
Periodos	1	0.234	-0.212	0.279	,919(**)	0.479	,746(*)
Predador		1	-0.117	0.64(*)	0.223	0.117	0.588
Presa			1	-,831(*)	-0.131	0.196	-0.427
RPp				1	0.221	-0.127	0.619
Temperatura					1	0.178	0.648
Humedad Relativa						1	0.485

** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).
 * . La correlación es signficante al nivel 0,05 (bilateral).

No se observa influencia entre la humedad relativa y las fluctuaciones de las poblaciones, tanto del predador ($r=0,117$) como la presa ($r=0,196$) en los periodos evaluados. Esto se debe a que en las condiciones existentes en el local, durante todo el año la humedad relativa permanece elevada y con pocas variaciones, por la sombra de los árboles y por el propio manejo de los

animales, donde se aplica agua para la limpieza del local como en los bebederos.

La comparación de las poblaciones de *Asyndetus* sp. y mosca doméstica en el local de curtir pieles del centro de elaboración “El Galeón”, en los periodos lluvioso y poco lluvioso de los años 2014-2015 arrojaron la presencia creciente del predador *Asyndetus* sp. mayormente en el periodo lluvioso del año 2015. que alcanzó poblaciones en los estados activos como biorregulador de 98,3 individuos/ m² promedio y la disminución de la plaga a 30,3 individuos/ m² en los estados de huevo y larva (Figura 15). Propiciado por el incremento de las condiciones existentes de sombra y alto porcentaje de humedad relativa establecida en el área por poseer la instalación techo de guano y estar protegidas de las radiaciones del sol por poseer árboles forestales que incrementaron su follaje en ese periodo.

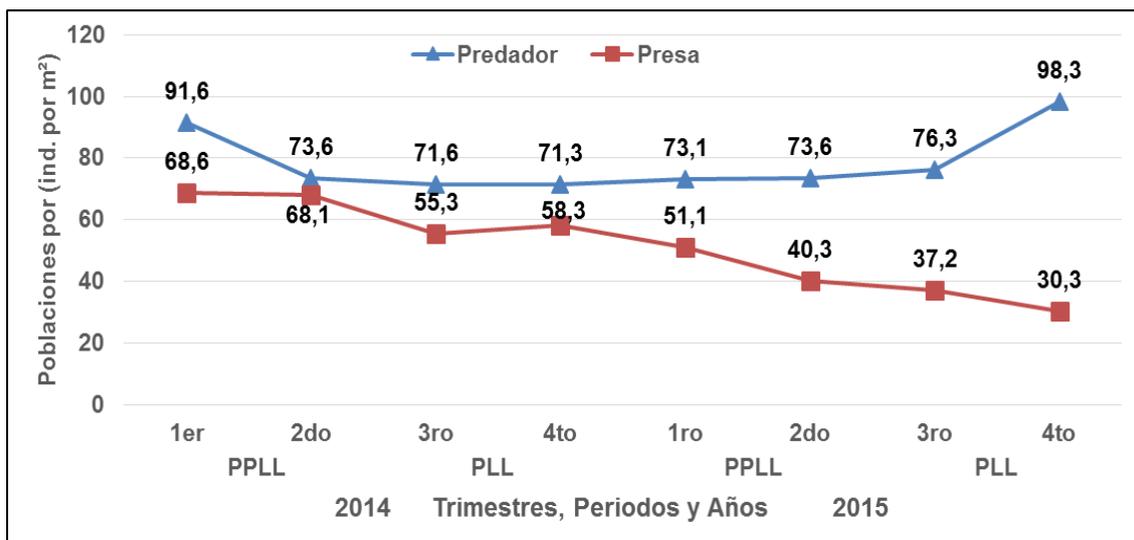


Figura 15. Fluctuaciones de poblaciones de *Asyndetus* sp. y mosca doméstica en el local de curtir pieles del centro de elaboración “El Galeón” en los periodos poco lluvioso y lluvioso de los años 2014- 2015

El predador estuvo beneficiado por la existencia de huevos y larvas de la presa en ese periodo así se demostró su desarrollo bajo estas condiciones. Además con la acción biorreguladora de esta especie en el local de curtido de pieles las poblaciones de la plaga decrecieron y no fue necesario realizar tratamientos químicos en esta unidad.

Las fluctuaciones de poblaciones de *Asyndetus* sp. y de mosca doméstica en el Porcino Yoan en los periodos poco lluvioso y lluvioso de los años 2014- 2015, durante el estudio arrojaron la presencia creciente del predador *Asyndetus* sp. mayormente en el periodo lluvioso del año 2015 que alcanzó poblaciones en los estados activos como biorregulador de 61,6 individuos/ m² promedio (Figura 16), favorecido por las condiciones existente de sombra y humedad relativa establecidas en el área, por encontrarse protegida la instalación de las radiaciones del sol por árboles frutales que aumentaron su follaje en ese periodo. Además fue beneficiado su establecimiento por la existencia de poblaciones de la presa, donde ocurre un equilibrio biológico entre el predador y la presa, así se demostró su desarrollo bajo estas condiciones.

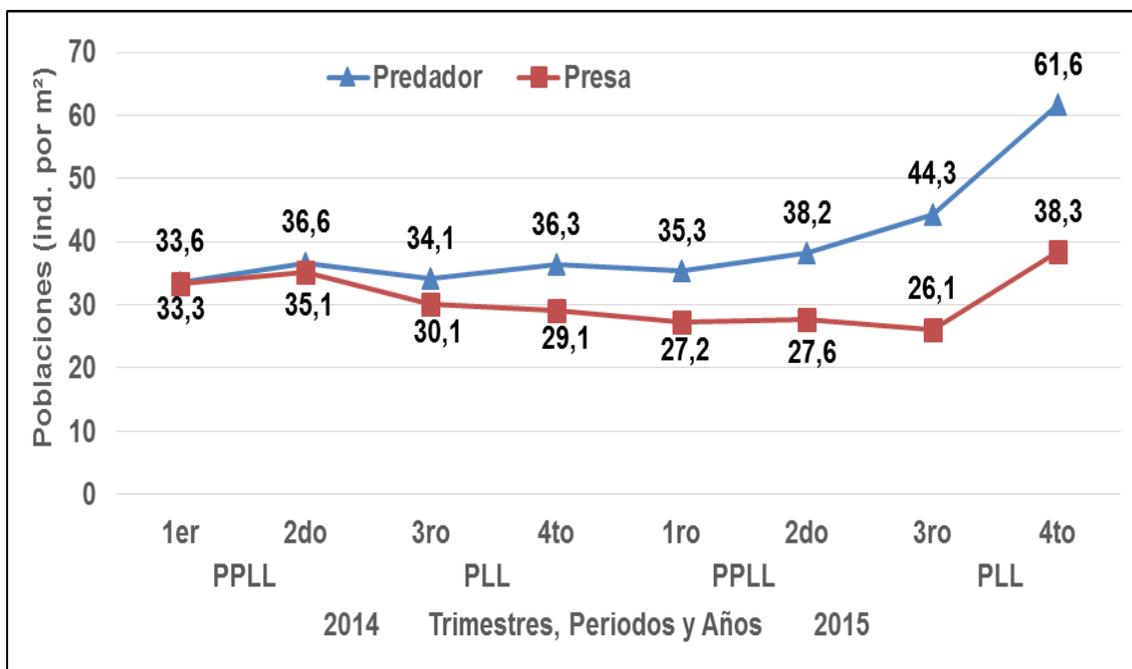


Figura 16. Fluctuaciones de poblaciones de *Asyndetus* sp. y mosca doméstica en el porcino Yoan en los periodos poco lluvioso y lluvioso de los años 2014-2015

Un análisis de las fluctuaciones de las poblaciones de mosca doméstica entre el local de curtido de pieles del centro de elaboración “El Galeón” y los tres porcinos Eduardo, Yoan y Nardo (testigo) en los periodos lluvioso y poco lluvioso de los años 2014-2015, arrojó que en los tres locales donde se encuentra establecido el predador los niveles poblacionales de la plaga han disminuido. Sin embargo en el porcino Nardo (testigo) los niveles poblacionales de mosca doméstica se incrementaron a partir del tercer trimestre del 2014 que

alcanzó 135,8 individuos/ m² por no encontrarse establecido el predador (Tabla 8).

Tabla 8. Influencia de las variaciones de temperatura y humedad relativa sobre las poblaciones de mosca doméstica en los tres nichos ecológicos y el porcino Nardo (testigo) en los trimestres de los periodos poco lluvioso (PPLL) y lluvioso (PLL) de los años 2014- 2015

Centros Variables climáticas	y	2014				2015			
		PPLL		PLL		PPLL		PLL	
		Trimestres		Trimestres		Trimestres		Trimestres	
		1er	2do	3ro	4to	1er	2do	3ro	4to
El Galeón		68,6b	68,1b	55,3b	58,3b	51,1b	40,3c	37,2c	30,3c
Porcino Eduardo		41,3c	43,2c	36,3c	36,6c	31,1c	31,6c	29,1c	37,3c
Porcino Yoan		33,3c	35,1c	30,1c	29,1c	27,2c	27,6c	26,1c	38,3c
Porcino Nardo		96,5a	87,1a	102,4a	126,3a	89,9a	100,2a	135,8a	128,3a
ET*		1,6	2,9	3,5	1,7	2,4	3,7	3,3	2,5
CV (%)		12,3	10,3	14,6	11,1	10,5	9,5	8,6	11,4
Temperatura		23,9	21,5	23,8	26,2	24,1	22,1	24,7	26,1
H. Relativa		80,1	76,6	74,5	79,5	80,5	78,1	76,8	79,8

Letras desiguales en las columnas presentan diferencias significativas ($P < 0,05$)

Los resultados demostraron diferencias significativas entre los locales donde se estableció el predador y el local del porcino Nardo que no se estableció el predador a partir del primer trimestre del año 2014 que se incrementaron las poblaciones de la plaga influenciado por la baja humedad relativa existente en el local propiciado por las condiciones existentes al poseer la instalación techo de zinc y no estar protegida de las radiaciones del sol que incrementan la temperatura y a la vez las poblaciones de la plaga.

La comparación de las medias para muestras independientes de temperatura y humedad relativa de los Porcinos Eduardo y Nardo (testigo) resultó que existe diferencia significativa entre la temperatura y humedad relativa máxima, media y mínima entre los dos sitios tanto para el año 2014 como el 2015 (Tabla 9)

Tabla 9. Comportamiento de las variaciones de temperatura y humedad relativa entre los Porcinos Eduardo y Nardo (testigo) de los años 2014- 2015

Variables climáticas	2014			2015		
	Porcino Eduardo	Porcino Nardo	Sig.	Porcino Eduardo	Porcino Nardo	Sig.
T. máxima	29,0	31,8	xx	29,8	31,5	xx
T. media	23,8	25,0	xx	24,0	24,7	xx
T. mínima	18,7	19,6	xx	18,2	19,6	xx
HR. máxima	81,4	79,1	xx	82,4	76,1	xx
HR media	77,6	72,4	xx	78,8	73,1	xx
HR mínima	73,8	65,6	xx	75,2	69,0	xx

** La comparación es significativa para $P < 0,05$.

Se pudo comprobar que para ambos años las temperaturas (máxima, media y mínima) fueron menores en el local del Centro Porcino Eduardo con relación al Centro Porcino Nardo, sin embargo ocurrió lo contrario para la humedad relativa (máxima, media y mínima) que para ambos años fue mayor en el Centro Porcino Eduardo.

4.3 Determinación de la capacidad predadora de *Asyndetus* sp. sobre la mosca doméstica en los periodos lluvioso y poco lluvioso de los años 2014- 2015 en los cuatro locales en estudio

Se comprobó la existencia de diferencia significativa entre los valores de relación predador presa alcanzados en los tres centros en estudio a partir del periodo lluvioso del 2015 (Tabla 10). Esto demostró que el predador no se estableció en Centro Porcino Nardo donde no tenía las condiciones de iluminación, humedad relativa y temperatura, por lo que no se logró un equilibrio biológico entre el predador y la plaga como en el resto de los locales.

Tabla 10. Relación predador presa entre las poblaciones de mosca doméstica y *Asyndetus* sp. en el local de curtir pieles El Galeón y los tres centros porcinos perteneciente a la CCS Patricio Lumumba en los periodos poco lluvioso (PPLL) y lluvioso (PLL) de los años 2014- 2015

Centros	2014				2015			
	PPLL Trimestres		PLL Trimestres		PPLL Trimestres		PLL Trimestres	
	1er	2do	3ro	4to	1er	2do	3ro	4to
El Galeón	1,33b	1,08b	1,29b	1,22b	1,43b	1,82b	2,05ab	3,24a
Porcino Eduardo	1,03b	1,07b	1,13b	1,24b	1,38b	1,38b	1,72b	1,61b
Porcino Yoan	1,01b	1,04b	1,11b	1,12b	1,29b	1,37b	1,69b	1,39b
Porcino Nardo	0c	0c	0c	0c	0c	0c	0c	0c
ET*	0,10	0,08	0,05	0,03	0,04	0,14	0,11	0,09
CV (%)	5,21	1,95	4,84	3,11	2,99	4,73	6,33	2,80

Letras desiguales en las columnas presentan diferencias significativas ($P < 0,05$) Esta situación se explica por las condiciones de los locales y del entorno desfavorable en el Centro Porcino Nardo como se ha discutido anteriormente. Los valores de relación predador presa cercanos a la unidad mantienen un equilibrio entre el predador y la presa con niveles bajos de la mosca doméstica, cumpliéndose lo planteado por Vázquez *et al.*, (1997) quienes refieren que un predador por presa es un indicador valioso pues indica que existe una situación ventajosa en el control natural sobre la plaga ambiental.

Las condiciones específicas de los nichos ecológicos se caracterizaron por la existencia de una alta humedad relativa media de 74,5 a 80,5 %, iluminación por debajo de los 132,5 lux y temperatura media de 21,5 a 26,2 °C, condiciones que facilitaron el establecimiento del biorregulador en una relación íntima con su presa, huevos y larvas de mosca doméstica, esto provocó que las poblaciones de esta última dada las condiciones también favorables para su desarrollo, durante los últimos dos años se haya controlado, debido a la actividad biorreguladora de *Asyndetus* sp. que se manifestó por una caída drástica de las poblaciones de la plaga desde noviembre del 2013, con una tendencia a la disminución, hasta alcanzar valores de 3,24 predadores por presa.

Al respecto señalan De Marcos y Gürtler (2013) que este índice refleja la eficiencia predatoria del individuo, en este caso de *Asyndetus* sp. el cual manifiesta una buena respuesta funcional al consumir todas las presas a su alcance o sea el alimento disponible y una respuesta numérica adecuada como se ha evidenciado, lo cual ratifica el valor potencial de *Asyndetus* sp. como control biológico de la mosca doméstica.

4.4 Análisis de la viabilidad económica del establecimiento y desarrollo de la especie en los cuatro centros en estudio.

El ahorro monetario en el centro El Galeón alcanzó 3600 pesos anuales (Figura 19) por el ahorro de productos químicos que se utilizaban antes del 2008 para el control de la mosca doméstica, ya que a partir de la aparición de *Asyndetus* sp. y su eficacia como biorregulador, no se han tenido que realizar aplicaciones de plaguicidas, por lo que se han ahorrado por ese concepto 28800,00 pesos en los años evaluados.

Desde el punto de vista social y ambiental la no utilización de productos químicos aporta un valor agregado protegiendo al medio ambiente y la salud de los trabajadores de la unidad.

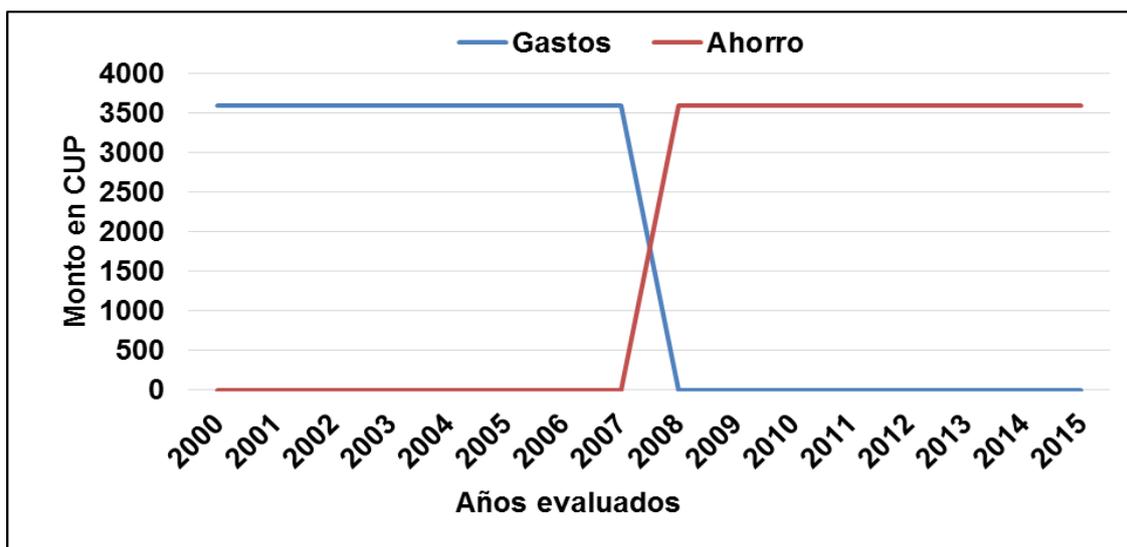


Figura 17. Ahorro de dinero por concepto de la no aplicación de medios químicos para el control de la mosca doméstica en centro de elaboración “El Galeón” en los últimos 16 años

El análisis de la viabilidad económica del empleo del biorregulador en los porcinos (Tabla 11) demostró que la eficiencia (0.65%) y la eficacia económica (0.28%) en el Porcino Eduardo fue mayor que el Porcino Yoan. En el Porcino Nardo (testigo) donde no se estableció el predador, fue afectada la producción de carne de cerdos a causa de enfermedades (*Salmonella*, *Escherichia coli*) transmitida por la mosca doméstica y tuvo que realizar tratamientos con medicamentos antibióticos para el control de estas enfermedades por lo que el costo de la producción se incrementó.

Tabla 11. Análisis de la viabilidad económica del establecimiento y desarrollo de *Asyndetus* sp. en los tres centros porcinos en estudio.

Centros porcinos	Producción de carne de cerdo en pie (TM. 50 Cerdos ⁻¹)	Costo de producción (CUP.50 Cerdos ⁻¹)	Ventas de cerdos en pie (CUP.50 Cerdos ⁻¹)	Eficiencia económica (%)	Eficacia económica (%)
Eduardo	4,6	85815,00	141680,00	0,65	0,28
Yoan	4,1	86250,00	126280,00	0,46	0,13
Testigo (Nardo)	3,6	90890,00	110880,00	0,21	0,02

Estos resultados concuerdan con Ortiz y Novartis (2013), los cuales plantean que las enfermedades transmitidas por el vector mosca doméstica puede afectar la producción porcina con el aumento de los costos, donde se pone de manifiesto que con el establecimiento y conservación de *Asyndetus* sp., las poblaciones de mosca doméstica se mantienen bajo control y sin costo de producción con un gran impacto desde el punto de vista social y ambiental.

La transmisión de patógenos en los cerdos del local porcino testigo del productor Nardo fue inducido por los altos niveles de mosca doméstica existente en el área, como señala Ortiz y Novartis (2013) que puede ser a través de las patas y partes bucales que están cubiertas por cerdas donde el material contaminado puede ser atrapado y transportado, por regurgitación de

comida en el momento en que se alimentan, por ingestión y defecación de patógenos como una de las vías potenciales más importantes provocando enfermedades diarreicas y la transmisión de patógenos entre ellos *Salmonella*, *Escherichia coli*, *Chlamydia trachomatis*, entre otros (Junquera, 2013).

La entrevista realizada a los productores en las unidades en estudio en cuanto a aceptación del control biológico se observa (Tabla 12) que la mosca doméstica fue un problema ambiental en el Centro "El Galeón" (56%) y en los centros porcinos (88%), esta situación se debe a que perciben el control efectivo de *Asyndetus* sp. sobre la mosca doméstica pues el 56% y el 69% de los entrevistados respectivamente lo distinguen así.

El 62% de los entrevistados del Centro "El Galeón" y el 75% de los centros porcinos, conocen el daño que ocasiona la mosca doméstica. Mientras que el 50% y el 37% respectivamente, prefieren el uso de productos químicos para controlar esta plaga ambiental.

Tabla 12. Criterio de los entrevistados sobre el uso del control biológico en las unidades de producción

Productores entrevistados (%)	La mosca doméstica fue un problema en su centro (Si)	Conoce el daño que ocasiona la mosca doméstica (Si)	Resulta efectivo de la mosca doméstica (Si)	Prefiere el uso de químicos para controlar la mosca doméstica (Si)
Centro "El Galeón"	56	62	56	50
Centros Porcinos	88	75	69	37

Estos resultados indican la importancia que tiene el conocimiento del uso del control biológico por los productores cubanos para la adopción de alternativas de los manejos ecológicos de plagas con plena aceptación de sus ventajas, para el desempeño e implementación de la tecnología de control biológico que se pretendan extender, (Pérez, 2006).

5. Conclusiones

1. El ciclo de vida de *Asyndetus* sp. varía entre 16,5 y 23,6 días en dependencia a la temperatura, con una constante térmica efectiva de huevo a adulto de 205,8 °C, cero biológico de desarrollo de 12,2 °C puede desarrollar 20 generaciones al año.
2. Se demostró que el predador se establece en condiciones de sombra, alta humedad relativa media de 74,5 a 80,5 % y temperatura media de 21,5 a 26,2 °C durante todo el año.
3. La actividad biorreguladora es efectiva ya que este constituye un predador eficaz y estable alcanzando relaciones de hasta 3,4 predadores por presa.
4. La viabilidad económica indica ahorro monetario en el centro "El Galeón" de 3600 pesos anuales; mientras que se logra una eficiencia de 0.65% y 0.28% de eficacia en el Porcino Eduardo que fue superior al Porcino Yoan, lo que perciben la acción de beneficio ambiental de *Asyndetus* sp. en los nichos ecológicos.

6. Recomendaciones

- 1- Introducir *Asyndetus* sp. en otros centros y entidades donde la mosca doméstica constituye un problema y existan las condiciones para su establecimiento.
- 2- Continuar las investigaciones con vistas a lograr una metodología de reproducción del predador en condiciones de laboratorio.
- 3- Divulgar los presentes resultados entre técnicos y directivos en unidades agropecuarias.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu, R., Milán, O., Massó, E., Rijo, E., Caballero, S., Marín, R., Martínez, A.Z., Armas, J.L., Peña, M., Álvarez, J.F., & Fuentes, A. (2013) Manual de metodologías de reproducción de entomófagos. Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal (INISAV). ISBN 978-959-7194-36-1. Editorial CIDISAV, La Habana, Cuba.
- Alayo, P., & Garcés, G. (1989). *Introducción al estudio del orden Díptera en Cuba*. Santiago de Cuba: Oriente.
- Alayo, P., & García, I. (1983). *Lista anotada de los Dípteros de Cuba (I)*. La Habana- Cuba: Científico Técnica.
- Altieri, M., Nicholls, C., & Sánchez E. (1999). *Manual práctico de control biológico para una agricultura sustentable*. Universidad de California.: Científico-Técnica. Recuperado Marzo 26, 2013.
- Alvarez, J. F. 2013. Estudios bioecológicos, reproducción artificial y liberación de *Tetrastichus howardi* (Olliff) (Hymenoptera; Eulophidae), parasitoide pupal de *Diatraea saccharalis* (Fab.) en Cuba. Tesis para aspirar al grado de Doctor en Ciencias Agrícolas. Facultad de Ciencias Agropecuarias. UCLV. Cuba. 126pp.
- Álvarez, J. F., Naranjo, F., Fernández, N., & Grillo, H. (2004). El control biológico: una alternativa eficaz y ecológica en la lucha contra la mosca doméstica. Recuperado Marzo 24, 2013, a partir de http://www.fao.org/aos/agrovoc#c_5741.
- Axtell, R.C. (1986). *Fly management in poultry production-cultural, biological and chemical*. (Vol. 65). Poultry Science.
- Bayer. (2013). Bayer Pest Control Expert. Recuperado Abril 17, 2013, a partir de www.pestcontrol-expert.com/bayer/.../bespestcontrol.nsf/.../ES_Mosca.
- Bickel, D.J. (s.d.). Familia Dolichopodidae. Recuperado Mayo 12, 2013, a partir de <http://www.inbio.ac.cr/papers/insectoscr/Texto116.html>.

- Boucias, D., & Pendland, J. (1998). *Principles of insect pathology* (Kluwer Academic Publishers. Norwell.). Massachussets. USA. Recuperado Enero 7, 2013, .
- Brooks S.E., Cumming, J. M., & Marc. A. (2006) (s.d.). Mollet Checklist of Dolichopodidae s.str. (Díptera) of America. Checklist/ Dolichopodidae Checklist.pdf. Recuperado Mayo 9, 2013, a partir de <http://www.nodsdiptera>.
- Bruner, S.C., Scaramuzza, L. C., & Otero, A.R. (1995). *Catálogo de los insectos que atacan las plantas económicas de Cuba*. Cuba: EEA.
- Campos, F. (2013). Dolichopodidae-Moscas Metalicas de patas largas Insectos del Ecuador. Bioecuador. Recuperado Mayo 14, 2013.
- Carson, Rachel. (1980). *Primavera Silenciosa*. (Grijalbo.). Barcelona, España: Científico-Técnica. Recuperado Enero 14, 2011.
- Castellanos, L., González, J., Disotuar, I., & Grillo, H. (2009). Acción biorreguladora de *Asyndetus* sp. sobre poblaciones de *M. domestica* L. en un local de procesamiento de pieles en Cienfuegos. *Centro Agrícola*, 36(2), 91-93.
- Castillo, Neisy. (2011). Sanidad Vegetal, Tomo 2, Editorial Félix Varela, La Habana.
- Chapman, P.A., Learmount, J., Morris, A.W., & McGreevy, P.B. (1993). England and Wales and the implications for housefly control in intensive animal. En *The current status of insecticide resistance in Musca domestica* (págs. 325-335). Pesticide Science.
- CIMMYT 1998. "La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: un manual metodológico de evaluación económica," CIMMYT, México. 79 p.
- Colborn, T., Myers, J. P., & Dumanoski. D. (1997). *Nuestro Futuro Robado*. Madrid, España: Eco española.

- Comunidad Europea 2003. Guía del análisis costos-beneficios de los proyectos de inversión Unidad responsable de la Evaluación DG Política Regional Comisión Europea. 154 p.
- Cova L. J., Scorza-Dagert, J. V., García, D. E., Cañizales, L. M., Guedez, C del Carmen., Avendaño, Laura. M., et al. (2009). Efecto de *Beauveria bassiana* y *Beauveria brongniartii* en el control de moscas (*Musca domestica*) en condiciones de laboratorio y en galpones avícolas. *BOLETÍN DE MALARIOLOGÍA Y SALUD AMBIENTAL*, XLIX(1). Recuperado Septiembre 1, 2012, a partir de <http://www.scielo.org.ve/pdf/bmsa/v49n1/art12pdf>.
- De Marcos, R., & Gürtler, R. (2013). Interacción Predador-Presa. En *Ecología General*. Departamento de Ecología, Genética y Evolución.
- DeBach, P. (1964). *Biological control of insect pests and weeds*. Chapman & Hall. London.
- DeBach, P., & Rosen, D. (1991). *Biological control by natural enemies*. (Cambridge University Press.). Cambridge, U.S.A.
- Doutt, R.L., & DeBach, P. (1998). *Algunos conceptos y preguntas sobre control biológico*. México: Continental S.A.
- Faz. A.B. (1987). *Principios de Protección de Plantas* (2º ed.). La Habana, Cuba.: Científico-Técnica.
- Gill, A., Aquino, M., Hernández, M., & Aquino, V. (2011). Proyecto: "Control biológico de la mosca común *Musca domestica* y de las moscardas en una granja porcícola de término medio".
- Gómez J. (2013). *Principales insectos que atacan a las plantas económicas de Cuba*. Cuba: Científico-Técnica.
- Gómez, Cardona. (2013). Programa de Manejo Integrado de Moscas Domésticas Basado en Control Biológico. Recuperado Abril 17, 2013, a partir de <http://www.perulactea.com/2006/01/04/programa-de-manejo-integrado-de-moscas-domesticas-basado-en-control-biologico/>.

- González, L. (2000). *La evaluación ex post o de impacto. Un reto para la gestión de proyectos de cooperación internacional al desarrollo*. La Habana, Cuba.
- Huffaker, C. B. (1971). *Biological Control*. Plenum Press. New York, U.S.A.
Recuperado Febrero 13, 2013.
- INISAV (2013) Manual de Metodologías de reproducción de entomófagos ISBN 978-959-7194-36-1 CIDISAV
- Iwata, F.1981. Heat unit concept of crop maturity. In: Physiological aspect of dryland farming. Ed. U. S. Gupta. 4a. Imp. Oxford and Publishing Co. Nueva Delhi. India. P. 351 – 370.
- Junquera, P. (2013). MOSCA DOMÉSTICA - Musca doméstica - en el ganado, en el estiércol y en establos, granjas, gallineros, porquerizas, cuadras y otras explotaciones ganaderas: biología, prevención y control.
- Kedling, J. (1986). The housefly. Training and information guide. World Health Organization. WHO/VBC/86.937.
- Leal. J. Análisis 2010.costo-beneficio de regulaciones ambientales. Curso Internacional "Planificación y gestión sostenible de los recursos ambientales y naturales" Cartagena de las Indias, Colombia.
- Lopera J. 1999. El análisis económico de los resultados de investigación agropecuaria. Capítulo tomado de „Lecturas sobre economía campesina y desarrollo tecnológico". Corpoica. Fundación para el desarrollo empresarial del sector agropecuario, FUNDESAGRO. Bogotá, Colombia.
- Mata, M. (2015). Evaluación ex post de proyectos de desarrollo de fincas agroforestales en zona de pre montaña. *Universidad y Sociedad*, 7 (3). Retrieved from <http://www.ucf.edu.cu/ojsuef/index.php/uys>
- Malthora, R. (2013). Making Global Trade Work for People" UNDP Jamal en Greenpeace. Presented at the. A guide to 5th Ministerial Conference of WTO Cancun, México.

- Manrique, P. C., & Delfín, H. (2014). Importancia de las moscas como vectores potenciales de enfermedades diarreicas en humanos. Nota 1 DApQuim srl. Científico-Técnica.
- Murray, D. (1994). *Cultivating Crisis: The Human Cost of Pesticides in Latin America*, (Texas University Press.). Texas, USA.
- Nivia, E. (2003). *Mujeres y plaguicidas: una mirada a la situación actual, tendencias y riesgos de los plaguicidas*. (RAPALMIRA Colombia-ECOFONDO-PAN.). Santiago de Chile, Chile: Científico-Técnica. Recuperado Mayo 8, 2012.
- Ortiz, N. R. Aviar, & Novartis. (2013). Control de moscas en instalaciones Ganaderas y Animal Hea. La mosca domestica (*Musca doméstica L.*) "Un enemigo potencial.
- Pérez, N., Fernández, E., & Vázquez, L.: (2013). *Concepción del control de plagas y enfermedades en la agricultura orgánica. Segundo Encuentro Nacional de Agricultura Orgánica*. La Habana.
- Portugal, M. (2013). *Dípteros predadores (Dolichopodidae.)*. Moscas Metalicas de patas largas Insectos del Ecuador. Bioecuador. Recuperado Mayo 14, 2013.
- Pruess, K. P. 1981. Day- degree methods for pest management. Environ. Entomol. 12: 613 619.
- Rozas, M. E. (1995). *Plaguicidas en Chile: la guerra tóxica y sus víctimas. Observatorio Latinoamericano de Conflictos Ambientales*. (Instituto de Ecología Política.). Santiago de Chile, Chile.
- Salas, C., & Larraín, Patricia. (2013). Alternativas de control biológico de la mosca doméstica en explotaciones pecuarias .INIA Tierra Adentro.
- Sánchez-Arroyo, H., & Capinera, J. L. (2007). *Musca doméstica Linnaeus (Insecta: Díptera: Muscidae) Introduction - Distribution - Description and Life Cycle - Damage and Medical Importance – Economic Threshold - Management - Selected References*. University of Florida

- Scorza, V. J., & Cova, J. L. (2006). Acción patogénica de una cepa venezolana de *Beauveria bassiana* para *Musca doméstica* /*Diptera-Muscidae*). Boletín de Malariología y salud ambiental.
- Tomberlin, J. K. (2008). Control de moscas domésticas Extensión Texas A & M Agri LIFE System.
- Van Driesche, R.G, & T.S. Bellows. (1996). *Parasitoids and Predators of Arthropods and Molluscs*. New York, U.S.A. Recuperado Febrero 9, 2012.
- Vázquez L. L. (2003). *Primer curso Taller nacional para la formación de Facilitadores en Control Biológico*. Santa Clara, Villa Clara: Científico-Técnica.
- Vázquez, L. L., & Castellanos. J. A. (1997). *Desarrollo del control biológico de plagas en la agricultura cubana*. (91º ed.). Ciudad Habana.
- Vázquez, L., Blanco, E., Rodríguez, E., De la Torre, P., & Rijo, E. (1997). *Elementos para la conservación de los enemigos naturales de Thrips palmi*. CIDISAV.
- Wang, M., & Yang, D. (2013). *New species de Asyndetus Loew Díptera Dolichopodidae from Xinjiang with a key to Central Asian species Zootaxa*.
- Zhang, L., & Yang, D. (2013). *Arm Soc Entomole. Fr* (4º ed., Vol. 39).

8 Anexos

Variable climática	9/13	10/13	11/13	12/13	1/14	2/14	3/14	4/14	5/14	6/14	7/14	8/14
Tx(°C)	32,3	31,1	29	28,6	28,4	30,5	31	38,8	32,1	33	33,9	34
Tm(°C)	26,2	25,7	24,5	23,8	21,6	23,6	23,6	25,3	25,6	26,3	27	27
Tn(°C)	20,1	20,3	20	19	16	15,4	17,7	19	21,1	22	22,2	22,5
HRx (%)	84	82	83	81	77	78	73	69,1	77,1	82,1	81,4	82,6
HRm (%)	78	77,5	76,5	75	70	71	67	64,5	69,5	73	73,7	73,3

HRn(%)	72	73	70	69	63	64	61	60	62	64	66	64
--------	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Tabla 1. Base de datos históricos de temperatura y humedad relativa máxima, media y mínima del año 2014 para la zona de Aguada de Pasajeros, suministrados por el Centro Meteorológico Provincial de Cienfuegos.

Tabla 2. Base de datos históricos de temperatura y humedad relativa máxima, media y mínima del año 2015 para la zona de Aguada de Pasajeros, suministrados por el Centro Meteorológico Provincial de Cienfuegos.

VARIABLES CLIMÁTICAS	9/14	10/14	11/14	12/14	1/15	2/15	3/15	4/15	5/15	6/15	7/15	8/15
Tx (°C)	32,8	31,3	28,9	28,1	29	28,5	32,3	33,5	32,5	32,7	34,3	34,4
Tm (°C)	26,2	25,1	22,6	21,3	22,1	21,1	24,9	26,1	25,6	26,6	27,3	27,9
Tn (°C)	22,1	20,1	17,8	16	16,7	14,6	18,8	20,8	20,7	22,3	22,1	23,4
HRx (%)	83	82	81	80	78	73	67	73	77	81	68	71
HRm (%)	80,6	80,3	78,3	77,6	75	70,3	65,3	70	74,3	78,3	66,6	68
HRn (%)	76	77	74	73	69	65	62	64	69	73	64	62

Tabla 3. Base de datos de temperatura y humedad relativa máxima, media y mínima del año 2014 obtenida del Porcino Eduardo.

VARIABLES CLIMÁTICAS	9/13	10/13	11/13	12/13	1/14	2/14	3/14	4/14	5/14	6/14	7/14	8/14
Tx (°C)	29,5	29,4	28,3	27,3	26,4	27,6	28,6	30,4	29,3	30,2	30,4	31,6
Tm (°C)	24,2	24,4	23,3	22,7	20,8	21,1	22,4	24,4	24,7	25,8	26,4	26,5
Tn (°C)	19	19,4	18,3	18,2	15,3	14,6	16,3	18,4	20,1	21,4	22,4	21,4
HRx (%)	86	84	85	83	79	80	75	74	79	85	84	83
HRm (%)	80,5	78,5	81	78	75	76,5	75,5	72	76	81,5	79	78
HRn (%)	75	73	77	73	71	73	76	70	73	78	74	73

Tabla 4. Base de datos de temperatura y humedad relativa máxima, media y mínima del año 2015 obtenida del Porcino Eduardo.

Variables climáticas	9/14	10/14	11/14	12/14	1/15	2/15	3/15	4/15	5/15	6/15	7/15	8/15
Tx (°C)	31,2	30,3	27,4	27,1	28,2	27,3	30,2	31,4	30,6	31,2	32,3	31,5
Tm (°C)	25,6	24,8	21,8	21,3	21,9	20,3	23,8	25,3	25,1	25,7	26,4	26,4
Tn (°C)	20,1	19,4	16,3	15,5	15,7	13,4	17,4	19,2	19,7	20,3	20,6	21,3
HRx (%)	85	83	82	81	82	83	81	82	79	85	81	85
HRm (%)	81,5	81	79	78	77,5	79	77	76	77,5	79	80	80,5
HRn (%)	78	79	76	75	73	75	73	70	76	73	79	76

Tabla 5. Calculo de temperatura efectiva (TE) en los estados de desarrollo de *Asyndetus* sp.

Estados de desarrollo	Calculo de temperatura efectiva (TE)= días de vida del estado(d)x Temperatura media del día (T) menos temperatura cero(to) $TE= d(T-t_0)$
Huevo	$TE= 2,2(23,2- 12,2)= 24,2$
Larva	$TE= 6,5 (23,5- 10,1)= 87,1$
Prepupa	$TE= 1,6 (23,8-10,8) = 20,8$
Pupa	$TE= 6,2 (23,2- 11,3)= 73,7$
Huevo-	$TE= 16,5 (23,6- 11,1)= 205,8$

Adulto	
--------	--

Tabla 6. Calculo de temperatura efectiva (TE) de los meses y número de generaciones de *Asyndetus* sp. por meses y año.

Meses	Temperatura media del mes (T)- Temperatura cero constante (to)x Días del mes (d) TE= (T- to) d	Temperatura efectiva del mes(TE) / Temperatura efectiva constante del estado de desarrollo(TE)	No de generaciones
1	21,3- 12,2x 31	282,1/ 205,8	1,37
2	20,7- 12,2x 28	238,0/ 205,8	1,15
3	23,1- 12,2x 31	338,0/ 205,8	1,64
4	24,8- 12,2x 30	378,0/ 205,8	1,83
5	24,9- 12,2x 31	394,0/ 205,8	1,91
6	25,7- 12,2x 30	405,0/ 205,8	1,96
7	26,4- 12,2x 31	440,2/ 205,8	2,13
8	26,5- 12,2x 31	443,3/ 205,8	2,15
9	24,9- 12,2x 30	381,0/ 205,8	1,85
10	24,6- 12,2x 31	384,4/ 205,8	1,86
11	22,5- 12,2x 30	309,0/ 205,8	1,50
12	22,1- 12,2x 31	306,9/ 205,8	1,49
Total	23,9- 12,2x 365	4300/ 205,8	20,9

Tabla 7. Gastos incurridos en el centro porcino Eduardo.

Productos	U/M	Cantidad	Precio	Importe
Cerdos pre ceba	U	50	500,00	25000,00

Arroz con cascara	tm	9,5	3260,00	30970,00
Soya	tm	2,3	7600,00	17480,00
Miel proteica	tm	1,9	2500,00	4750,00
Desechos de pescado	tm	1,9	2000,00	3800,00
Subtotal de alimentos	tm	15,6		85800,00
Medicamentos antiparasitarios Labiomec	Frascos 50 ml	3	50,00	150,00
Medicamentos antibiótico Gentamicina	Frascos 50 ml	0	0	0
Medicamentos Complejo B.	Frascos 50 ml	0	0	0
Subtotal de medicamentos	Frascos 50 ml	3		150,00
Total				85815,00

Tabla 8. Gastos incurridos en el centro porcino Yoan.

Productos	U/M	Cantidad	Precio	Importe
Cerdos preceba	U	50	500,00	25000,00
Arroz con cascara	tm	9,5	3260,00	30970,00
Soya	tm	2,3	7600,00	17480,00
Miel proteica	tm	1,9	2500,00	4750,00

Desechos de pescado	tm	1,9	2000,00	3800,00
Subtotal de alimentos	tm	15,6		85800,00
Medicamentos antiparasitarios Labiomec	Frascos 50 ml	3	50,00	150,00
Medicamentos antibiótico Gentamicina	Frascos 50 ml	0	0	0
Medicamentos Complejo B.	Frascos 50 ml	5	60	300,00
Subtotal de medicamentos	Frascos 50 ml			450,00
Total				86250,00

Tabla 9. Gastos incurridos en el centro porcino testigo.

Productos	U/M	Cantidad	Precio	Importe
Cerdos preceba	U	50	500,00	25000,00
Arroz con cascara	tm	9,5	3150,00	30970,00
Soya	tm	2,3	7600,00	17480,00

Miel proteica	tm	1,9	2500,00	4750,00
Desechos de pescado	tm	1,9	2000,00	3800,00
Subtotal de alimentos	tm	15,6		85800,00
Medicamento antiparasitario Labiomec	Frascos 50 ml	3	50,00	150,00
Medicamento antibiótico Gentamicina	Frascos 50 ml	8	80,00	640,00
Medicamento Complejo B.	Frascos 50 ml	5	60,00	300,00
Subtotal de medicamentos	Frascos 50 ml	16		1090,00
Cerdos enfermos	U	8	500,00	4000,00
Total				90890,00