

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA LEON

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

DEPARTAMENTO DE AGROECOLOGÍA



Evaluación de Ondas Ultrasónicas para el manejo de *Spodoptera frugiperda* en el Laboratorio de Cría de Insectos Noctuidos, Centro de Investigación y Reproducción de Controladores Biológicos (CIRCB) Campus Agropecuario, UNAN-LEON en el período marzo-junio del 2014.

Presentado por:

Br. Byron José Hidalgo Gómez

Br. Ervin Antonio Gutiérrez Romero

Br. Marlene José Berríos Duarte

Previo para optar al Título de Ingeniería en Agroecología Tropical

Tutor: Msc. Mirna Ortiz.

Diciembre, 2014

## INDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>IV</b>
<b>ÍNDICE DE GRAFICAS .....</b>	<b>V</b>
<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>VI</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>VII</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>X</b>
<b>I. INTRODUCCION .....</b>	<b>1</b>
<b>II. OBJETIVOS .....</b>	<b>3</b>
<b>III. MARCO TEORICO .....</b>	<b>4</b>
3.1 Generalidades de la <i>Spodoptera frugiperda</i> .....	4
3.1.2 Descripción del gusano cogollero .....	4
3.1.3Ciclo biológico de la <i>Spodoptera frugiperda</i> .....	4
3.1.4 Taxonomía .....	5
3.2 Métodos de manejo del Cogollero .....	6
3.2.1 Medios de control .....	6
3.2.1.1 Control natural .....	6
3.2.1.2 Control biológico .....	6
3.2.1.3 Control mecánico .....	7
3.3 Ultrasonido.....	7
3.3.1 Generalidades.....	7
3.3.2 Efecto del ultrasonido en los seres vivos .....	8
<b>IV. MATERIALES Y METODOS .....</b>	<b>10</b>
4.1 Ubicación del estudio.....	10
4.2 Descripción del estudio.....	10
4.3 Metodología del ensayo .....	10
4.4 Variables a medir .....	11
4.5 Análisis de los datos .....	11
<b>V. RESULTADOS Y DISCUSION .....</b>	<b>12</b>
5.1. Resultados del tratamiento de ondas ultrasónicas en la Fase huevo de <i>Spodoptera frugiperda</i> . .....	12
5.2. Resultados del tratamiento de ondas ultrasónicas en la Fase larva de los estadios L1, L2, L3 y L4 de <i>Spodoptera frugiperda</i> . .....	14

5.3. Resultados de la evaluación de pérdida de peso del tratamiento de ondas ultrasónicas en la Fase pupa de <i>Spodoptera frugiperda</i> . .....	19
5.4. Resultados del tratamiento de ondas ultrasónicas en la Fase adulto de <i>Spodoptera frugiperda</i> . .....	22
5.5. Resultados de la reproducción de masas de huevo de los adultos irradiados por el aparato de ondas ultrasónicas.....	25
<b>VI. CONCLUSIONES .....</b>	<b>26</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>27</b>
<b>VIII. BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>28</b>
<b>IX. ANEXOS.....</b>	<b>30</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1. Tratamiento de <i>Spodoptera frugiperda</i> en el estadio Huevo. ....</b>	<b>12</b>
<b>Tabla 2. Mortalidad de larvas de <i>Spodoptera frugiperda</i> en los estadios L1, L2, L3 y L4 repetición 1. ....</b>	<b>14</b>
<b>Tabla 3. Mortalidad de larvas de <i>Spodoptera frugiperda</i> en los estadios L1, L2, L3 y L4.Repetición 2. ....</b>	<b>15</b>
<b>Tabla 4. Mortalidad de larvas de <i>Spodoptera frugiperda</i> en los estadios L1, L2, L3 y L4. Repetición 3. ....</b>	<b>16</b>
<b>Tabla 5. Mortalidad de larvas de <i>Spodoptera frugiperda</i> en los estadios L1, L2, L3 y L4. Repetición 4. ....</b>	<b>17</b>
<b>Tabla 6. Tratamiento en el estadio Pupa. ....</b>	<b>19</b>
<b>Tabla 7. Mortalidad y supervivencia en adultos de <i>Spodoptera frugiperda</i> y su reproducción. Repetición 1. ....</b>	<b>22</b>
<b>Tabla 8. Mortalidad y supervivencia en adultos de <i>Spodoptera frugiperda</i> y su reproducción. Repetición 2. ....</b>	<b>22</b>
<b>Tabla 9. Mortalidad y supervivencia en adultos de <i>Spodoptera frugiperda</i> y su reproducción. Repetición 3. ....</b>	<b>23</b>
<b>Tabla 10. Mortalidad y supervivencia en adultos de <i>Spodoptera frugiperda</i> y su reproducción. Repetición 4. ....</b>	<b>23</b>

## ÍNDICE DE GRAFICAS

<b>Grafico 1. Respuesta de mortalidad en el estadio huevo de Spodoptera frugiperda. ..</b>	<b>13</b>
<b>Grafico 2. Comparación de las repeticiones de mortalidad y supervivencia en larvas de Spodoptera frugiperda .....</b>	<b>18</b>
<b>Grafica 3. Respuesta de pérdida de peso por día en la fase Pupa.....</b>	<b>20</b>
<b>Grafico 4. Comparación de pérdida total de peso del tratamiento versus El testigo..</b>	<b>21</b>
<b>Grafico 5. Comparación de mortalidad y supervivencia en los adultos de Spodoptera frugiperda.....</b>	<b>24</b>
<b>Grafico 6. Resultados de reproducción tratamiento versus Testigo .....</b>	<b>25</b>

## AGRADECIMIENTOS

**A:**

Dios por brindarnos la vida, salud, sabiduría, paciencia, para poder coronar con éxito esta etapa importante de nuestras vidas.

A nuestra grata UNAN-León por habernos dado la oportunidad de coronar una carrera profesional, por brindarnos todas las herramientas posibles y abrir sus puertas para mantenernos firmes y concluir nuestras metas.

Nuestros padres que con esfuerzo, amor, y dedicación, nos dieron su apoyo siempre para poder concluir nuestros estudios.

Nuestra tutora **Lic. Mirna Ortiz** y a la persona que nos ayudó a analizar los estadísticos **Ing. Martha Arcia Ramírez** por brindarnos sus conocimientos y apoyo en la realización de este estudio.

El personal de los laboratorios de cría de insectos Noctuidos CIRCB de la UNAN que nos brindó la información necesaria y apoyaron la realización de este trabajo.

Todas las personas que indirectamente pusieron su granito de arena y nos ayudaron en la realización de este estudio.

## DEDICATORIA

El presente trabajo monográfico lo dedico con mucho amor y cariño a:

Nuestro padre celestial **Dios** todo poderoso por dejarme vivir, protegerme ante todas las adversidades y obstáculos que se me presentaron a lo largo de mis estudios universitarios por llenarme siempre de fuerza, voluntad, y valor para seguir siempre adelante.

A mi abuela **María Estela Morales López** por brindarme amor cariño, apoyo incondicional en la coronación de mis estudios universitarios gracias abuela por que tanto deseaste que triunfara y se cuánto te costó todo lo que has hecho por mí.

A mi hermano **Freddy Ernesto Hidalgo Gómez** por motivarme a realizar un estudio superior y contando con su apoyo incondicional para lograr mis metas.

**Byron José Hidalgo Gómez**

## DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico a;

A un Dios que se encuentra en los cielos que ha tenido misericordia y bondad por darme la oportunidad al darme la vida.

Mi madre **Celia Cristina Romero Uriarte** quien me dio la vida me enseñó el camino hacia el estudio y su esfuerzo motivación han hecho la persona que soy hoy.

A **mis hermanos Néstor José Gutiérrez Romero y Kenia Del Carmen Romero** quien han sido testigo en la lucha de terminar esta carrera y a su apoyo económico y consejos han logrado realizar este sueño de coronar una carrera profesional.

Mi tía **Miriam del Carmen Uriarte** quien con su esfuerzo motivación y ayuda económica ha logrado ayudarme a salir adelante siendo como una segunda madre para mí.

A mi familia que de una u otra forma apoyaron para que este sueño fuera posible.

**Ervin Antonio Gutiérrez Romero**

## DEDICATORIA

El presente trabajo monográfico lo dedico con mucho amor y cariño a:

Nuestro padre celestial **Dios** todo poderoso por dejarme vivir, protegerme ante todas las adversidades y obstáculos que se me presentaron a lo largo de mis estudios universitarios por llenarme siempre de fuerza, voluntad, y valor para seguir siempre adelante.

A mi madre **María Elena Duarte Quezada** por brindarme amor, cariño y apoyo incondicional en la coronación de mis estudios universitarios, gracias por que tanto deseaste que triunfara y se cuánto te costó todo lo que has hecho por mí.

A mis hermanas **Karla Elena Baldizón Duarte** y **Alba Cecilia Baldizón Duarte** por motivarme a realizar un estudio superior y contando con su apoyo incondicional para lograr mis metas, aconsejándome y ayudándome a tomar las mejores decisiones para culminar mis estudios universitarios.

**Marlene José Berríos Duarte**

## RESUMEN

Los sistemas de control por medio del uso de la acústica han logrado un resultado en ciertas plagas de insectos y mamíferos, logrando así un control sin productos químicos. Este estudio se realizó en el Laboratorio de Cría de Insectos Noctuidos del Campus Agropecuario UNAN-León en el año 2014, con el objetivo de Evaluar la eficacia de las ondas ultrasónicas para el manejo de las poblaciones de *Spodoptera frugiperda*, en la frecuencia de 28 Khz (Kilo hercios). El estudio se estableció inicialmente con la irradiación de la fase huevo durante 3 horas, así mismo se irradió las fases larva, pupa y adulto. Cuando se procedió a realizar la irradiación por ultrasonido estas muestras se colocaron dentro de un recipiente plástico, con una ventilación apropiada para que las fases de huevo, larva, pupa y adulto no fueran afectadas por otros factores, manteniéndose las condiciones de laboratorio óptimas. En la fase huevo se clasificó en huevos de coloración verdes y café, manteniendo una población homogénea, en la fase de larva se dividió de acuerdo a los estadios L1, L2, L3 y L4, en la fase pupa el procedimiento se realizó en dos etapas, primero el peso de las pupas antes de ser irradiadas y el peso de las mismas luego de la irradiación, cada una de las pupas fueron rotuladas individualmente, en la fase adulto, fueron colocados directamente dentro recipiente brindándoles las condiciones óptimas (chupones de agua y miel). Los resultados fueron analizados mediante el análisis de supervivencia en las fases huevo, larva, pupa y adulto y en la fase pupa también se utilizó la T-student para verificar si los resultados son significativos en la pérdida de peso en comparación con la testigo. Se obtuvo que durante el estudio la mortalidad, en la fase huevo de coloración verde es del 100 %, en la fase larva del estadio L1 fue del 82%, en la fase pupa fue de 87.5%, en la fase adulto su mortalidad fue del 74.25% causados por la irradiación, y se observó una tendencia en la disminución de reproducción en los huevos por parte del adulto irradiado de un 97%.

## I. INTRODUCCION

Los insectos desde el principio de la agricultura han sido una amenaza para los cultivos. Siempre se ha buscado maneras de controlarlos siendo casi todas las alternativas un fracaso trayendo consigo nuevos fenómenos y daños hacia el medio.

Desde su origen la humanidad ha sido afectada, directa o indirectamente, por los insectos. A transcurrir los siglos y evolucionar el hombre, estos pequeños seres lo han hecho también, convirtiéndose en sus competidores más eficientes y poniendo a prueba la habilidad de aquel para sobrevivir.

En la actualidad las tres cuartas partes de todos los animales vivientes son insectos; de esta cifra se calcula menos del uno por ciento de las especies son perjudiciales para el hombre y sus pertenencias: los cultivos, los animales domésticos, los granos almacenados, etc.

Este número relativamente pequeño de especies nocivas resulta, sin embargo, de mucha importancia económica cuando se considera su gran habilidad para adaptarse, la capacidad de reproducirse rápidamente en muy corto tiempo y su gran poder de dispersión; factores todos ellos que influyen para que los insectos desarrollen poblaciones enormes, que afectan a la salud del hombre y compiten con él para arrebatarse lo que necesita y desea. (Nueva enciclopedia temática-1977- PP.171).

Por esta razón el estudio pretende demostrar que la frecuencia de ultrasonido puede resultar eficaz para controlar plagas y disminuir a su vez los costos y daños económicos que causan reduciendo la competencia entre los insectos plagas y las necesidades del hombre.

Desde hace varias décadas el uso indiscriminado de insecticidas a traído como consecuencia perjuicios a la salud humana y animal, los métodos que han sido empleados para evitar el uso de los insecticidas no son tan efectivos para el control ya que se requiere tener a disponibilidad esos recursos para controlar a los distintos tipos de insectos. Los insecticidas han venido siendo utilizados como alternativa principal para el control de insectos plagas.

El uso de insecticidas no solo ha venido afectando el medio ambiente, sino también la salud de los productores con enfermedades, como insuficiencia renal. En la década de los años 70 y 80 se dio lo que conocemos como la fiebre del algodón de occidente en Nicaragua donde plagas como la mosca blanca y el picudo se volvieron resistentes a los insecticidas, como el DDT y esto conllevó a buscar productos más eficientes para su control, las plagas resistían y sucesivamente seguían utilizándolos, causando graves daños en la zona, quedando estos terrenos inhabilitados para la producción por el uso irracional de químicos para controlar insectos.

Anteriormente se han venido realizando una serie de experimentos con distintos niveles de sonido, esto resulto en una serie de descubrimiento y en el entendimiento de la acústica en los animales, se descubrió que los animales utilizan el sonido para lograr comunicarse y lograr ver en la oscuridad. En estos últimos años se ha dado una evolución tecnológica y nuevo manejo de control para ciertas especies de animales utilizando el sonido inaudible este nivel de sonido se le conoce como ultrasonido que en la mayoría de especies de insectos la utilizan para poder localizarse guiarse en el vuelo.

## II. OBJETIVOS

### Objetivo General

- Evaluar la eficacia de las ondas ultrasónicas para el manejo de las poblaciones de *Spodoptera frugiperda* en el Laboratorio de Cría de Insectos Noctuidos Campo Agropecuario UNAN-León, marzo – junio del 2014.

### Objetivo Especifico

- Determinar la mortalidad de los insectos irradiados por las ondas ultrasónicas en el Laboratorio de Cría de Insectos Noctuidos UNAN-León, marzo – junio del 2014.
- Determinar la fase más susceptible en el ciclo de vida de la *Spodoptera frugiperda* por las ondas ultrasónicas, en el Laboratorio de Cría de Insectos Noctuidos UNAN-León, marzo – Junio del 2014.
- Determinar el nivel de afectación de las ondas ultrasónicas en el ciclo de vida de la *Spodoptera frugiperda* en el Laboratorio de Cría de Insectos Noctuidos Campos Agropecuario de la UNAN-León, marzo – junio del 2014.

### III. MARCO TEORICO

#### 3.1 Generalidades de la *Spodoptera frugiperda*

Se distribuye en los Estados Unidos, México, América Central, El Caribe y América del Sur donde sus principales hospedantes son el maíz, sorgo, arroz y algunos otros zacates.

La palomilla vuela con facilidad durante la noche, siendo atraída por luz; es de coloración gris oscura, las hembras tienen alas traseras de color blancuzco, mientras que los machos tienen arabescos llamativos en las alas delanteras. Las hembras depositan los huevos durante las primeras horas de la noche tanto en el haz como en el envés de las hojas, estos son puestos en varios grupos o masas cubiertas por segregaciones del aparato bucal y escamas de su cuerpo. Las larvas al nacer se alimentan del coreón más tarde se trasladan a diferentes partes de la planta o a las vecinas, para evitar así las competencias por alimento y el canibalismo. (Instituto de investigación de sanidad vegetal. 1997).

#### 3.1.2 Descripción del gusano cogollero

El gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), es un masticador del tejido vegetal en plantas de maíz jóvenes, que también se comporta como gusano cortador. El daño lo hace por la noche y se vuelve más severo en áreas y periodos secos.

Los síntomas que provoca el gusano cogollero podrían confundirse con los de otras plagas masticadoras y cortadoras. El gusano cogollero puede causar pérdidas de hasta un 60% de la producción de maíz. (Joseph L.– 2ª Ed- 1998).

#### 3.1.3Ciclo biológico de la *Spodoptera frugiperda*

Su ciclo de vida consta de 4 fases huevo, larva, pupa, adulto:

Huevo: (3-5 días) los ponen en grupos de hasta 300 en cualquier superficie de la hoja, cubierto con escamas gris-rasadas del abdomen de la hembra en ovoposición

Larva: (14-21 días) pasan por 5 a 6 estadios, dependiendo de la temperatura y el tipo de alimento de 35-40 mm de longitud cuando está madura. Los primeros estadios son verdes con manchas y líneas negras dorsales, después se vuelve verde con líneas espiraculares y dorsales negras, pardo claro o casi negra (cuando están muy hacinadas), pináculos dorsales negros y cuatro puntos negros en cuadros sobre el antepenúltimo segmento abdominal.

Los primeros dos estadios se alimentan de la superficie interior de la hoja en hojas tiernas, causando un manchado característico, como de ventanas, en las hojas del maíz y sorgo. En grandes densidades pueden matar las plantas jóvenes por defoliación o destruir los puntos de crecimiento, más tarde migra hacia los cogollos, donde el canibalismo a menudo las

reduce a uno o dos por plantas. Su daño causa una perforación característica y hacen girones las hojas en desarrollo, ensucia con excremento y a veces daña la flor masculina del maíz o la panícula del sorgo. La defoliación de plantas maduras puede ocurrir cuando hay grandes densidades. Las larvas grandes pueden también actuar como gusanos cortadores, se esconden en el suelo durante el día y destruyen las plantas hasta de un mes de edad, mediante túneles en las partes inferiores del tallo. Otro cultivo también pueden sufrir daño por estos túneles, se pueden comportar como gusanos soldados cuando las larvas crecen y en gran densidad, son generalmente de color más oscuro; aumentan su población en zacates y subsiguientemente se pasan a otros cultivos, pero a menudo tienden a permanecer en el huésped original si tienen esa oportunidad. En pupan en el suelo, raras veces entre las hojas del huésped.

Pupa: (9-13) de color pardo, de 18-20 mm de largo, en un capullo suelto o celda en el suelo.

Adulto: Envergadura de 32-38 mm; alas delanteras de las hembras son uniforme de color gris a pardo gris; en el macho son pardo claro, con marcas oscuras y rayas pálidas en el centro del ala; las traseras blancas. (Joseph L. - 2ª Ed- 1998)

### 3.1.4 Taxonomía

Clasificación científica	
<b>Reino:</b>	<i>Animalia</i>
<b>Filo:</b>	<i>Arthropoda</i>
<b>Clase:</b>	<i>Insecta</i>
<b>Orden:</b>	<i>Lepidoptera</i>
<b>Suborden:</b>	<i>Glossata</i>
<b>Infraorden:</b>	<i>Heteroneura</i>
<b>Familia:</b>	<i>Noctuidae</i>
<b>Subfamilia:</b>	<i>Amphiryrinae</i>
<b>Género:</b>	<i>Spodoptera</i>
<b>Especie:</b>	<i>S. frugiperda</i>

## **3.2 Métodos de manejo del Cogollero**

Durante muchos años, para reducir los efectos nocivos del cogollero, se ha dependido del uso de insecticidas químicos, en muchas ocasiones las efectividades han sido bajas, debido a que estas se han realizado después que ha pasado el estado ideal para controlar la plaga y la edad más apropiada del cultivo. El uso indiscriminado de insecticidas químicos ocasiona altos costos, contaminación ambiental y la resistencia de la plaga a estos productos, (Ángulo, 2000).

El cogollero tiene otras formas de manejo diferentes al uso de insecticidas químicos que deben tenerse en cuenta. El árbol del Nim para el manejo del Cogollero. El Nim es un árbol originario del sudeste asiático, cuyas hojas y semillas se utilizan para el control del cogollero o *Spodoptera* al actuar sus extractos como inhibidores del desarrollo. Todas las partes del árbol de Nim contienen químicos naturales que se utilizan como insecticida, pero es la semilla la que contiene mayor cantidad de extracto que se usa para hacer el insecticida. El efecto insecticida se lo da una sustancia que se llama azadirachtin que detiene la alimentación del insecto y no lo deja reproducirse o desarrollar su metamorfosis completa, (Ángulo, 2000).

### **3.2.1 Medios de control**

#### **3.2.1.1 Control natural**

El principal controlador natural del gusano cogollero es la precipitación. Las lluvias generalmente reducen las poblaciones de *S. frugiperda*. Cuando se pronostica lluvia, no es necesario aplicar insecticidas (Zamorano *et al.*, 1996).

#### **3.2.1.2 Control biológico**

Dos hongos principales atacan al cogollero: *Nomuraea rileyi* y *Metarrhizium anisopliae*. En Nicaragua el hongo *Nomuraea* es uno de los patógenos más importante para el control del cogollero, sin embargo, su efectividad de este hongo en el campo está limitada por la humedad. Por lo tanto su uso podría ser más efectivo en zonas húmedas (Zamorano *et al.*, 1996). Es importante conocer los enemigos naturales que tiene el cogollero, entre los que se reportan, están los depredadores larvales de la familia Vespidae (Avispa *Polibia*) y Fórficulidae (*Doru taenatun*) o tijereta, los parásitos de huevos de las familias Trichogrammatidae y Scelionidae (*Trichogramma* sp. Y *Telenomus remus* respectivamente) (CENTA, 1996).

Los estudios sobre virus que atacan a los artrópodos son muy importantes porque existen más de 700 virus que tienen la capacidad para infectar especies de insectos de varios

ordenes (Lecuona 1995). Muchas de estas enfermedades ocurren naturalmente en insectos de importancia agrícola. Por tanto, los virus son agentes promisorios para ser utilizados como insecticidas biológicos en programas de control (Evans y Entwistle 1987).

El primer insecticida viral comercializado en los EEUU se desarrolla en 1961, con el virus de *Heliothis spp.*, siendo utilizado principalmente en algodón, y en otros cultivos como soya, maíz, sorgo y tomate (Ignoffo y Couch 1981, Lecuona 1995). En Guatemala, se ha utilizado el virus aislado de *Autografa californica* y *Spodopetera sunia*, para el control de *Spodoptera exigua* y *S. sunia*, respectivamente. En Brasil, EMBRAPA produce desde 1979 el virus aislado de *Anticarsia gemmatalis*, para el control de *A.gemmatalis* en soya. También se produce el virus aislado de *SfVPN* para el control del cogollero, *Spodoptera frugiperda* en maíz. (Moscardi 1989, Alves 1986, Lecuona 1995, Valicente y Cruz 1991). Uno de los virus ms utilizados para el control de plagas es el Virus de la Poliedrosis Nuclear (VPN).

La UNAN ofrece el VPN en formulación líquida, la cual debe almacenarse a 4°C. Se recomienda preparar el virus antes de su aplicación y hacerlo bajo la sombra para evitar su inactivación por la acción de los rayos ultravioleta (Enwistle y Evans 1985). El virus congelado debe ser mezclado con agua hasta que se disuelva completamente. El volumen de agua debe ser suficiente para realizar una buena cobertura en el cultivo. Se recomienda seguir las mismas recomendaciones para la aplicación de un insecticida sintético. El equipo debe mantenerse limpio y las boquillas funcionando. El éxito de la aplicación depender de que las gotas de la solución conteniendo el virus permanezcan sobre la superficie de las hojas, o si se aplica en maíz dentro del cogollo (Poveda y Saravia 1994). En el caso del maíz, el virus puede también ser utilizado mezclado con aserrín o arena, en forma de cebo.

### **3.2.1.3 Control mecánico**

Para el control mecánico de las larvas de cogollero se han utilizado algunas prácticas por algunos productores como la de aplicar aserrín, tierra o arena al cogollo. Otra práctica parecida es apretar el cogollo de la planta afectada y destruir las larvas (Zamorano *et al.*, 1996).

## **3.3 Ultrasonido**

### **3.3.1 Generalidades**

El ultrasonido es el sonido (un fenómeno de vibración mecánica) que tiene una frecuencia por encima del rango de la audición humana (normalmente por encima de 16 kHz) que, a diferencia de la radiación electromagnética, requiere un medio a través del cual se propaguen. (WHO, 1982).

El ultrasonido consiste en una propagación o perturbación de un medio, lo que provoca las subunidades (partículas) del medio para que vibre. El movimiento vibratorio de las partículas caracteriza a los ultrasonidos en propagación de la energía (acústica). A diferencia radiación electromagnética, la energía acústica no se puede transmitir a través del vacío. La transmisión a través del medio depende en gran medida de la frecuencia de ultrasonido y el estado del medio, es decir, el gas, líquido o sólido. (WHO, 1982).

En relación a mecanismos de emisión existen diferentes procedimientos para provocar vibraciones, son muy variados y dependiendo de la utilización se regirá su elección. Los materiales piezoeléctricos tienen la característica de transformar energía eléctrica en mecánica o viceversa, debido a la aplicación de cargas eléctricas o fuerzas sobre él (Almagro, 1967).

Como el ultrasonido es una onda mecánica que necesita de un medio para propagarse, existen pérdidas o disipación de la onda en términos de energía, debido a encontrarse con discontinuidades del material en su camino, está perdida se debe a problemas de dispersión y reflexión del rayo ultrasónico, lo cual genera el concepto de Impedancia acústica, que corresponde a la oposición que produce el medio al paso del ultrasonido (Almagro, 1967).

### **3.3.2 Efecto del ultrasonido en los seres vivos**

Muchos estudios se han realizado sobre los huevos, larvas, y prepupal etapas de *Drosophila melanogaster* y una variedad de efectos anormales de desarrollo se han observado en moscas adultas con la posible excepción de los huevos en las tempranas etapas de desarrollo, todos los insectos contienen gas microscópico, estable cuerpos durante todo su ciclo de vida. Estos cuerpos de gas oscilan bajo la influencia del ultrasonido y presumiblemente generar movimientos de streaming en los tejidos blandos adyacentes, que son probablemente responsables de los efectos observados. Los resultados de estos estudios pueden no ser aplicables a sistemas de mamíferos, que aparentemente no hacen contener cuerpos de gas estables de dimensiones comparables. (WHO, 1982).

Existen evidencias de que las ondas ultrasónicas pueden cambiar la razón de síntesis de macromoléculas y causar cambios ultra estructurales dentro de la célula (efecto de cavitación). (Almagro, 1967).

La respuesta de los insectos y larvas al ultrasonido está fuertemente influenciada por la presencia de microscópicos poros de aire.

Extensos trabajos se han desarrollado sobre la acción del ultrasonido sobre sistemas químicos y en largas moléculas de interés biológico. Los efectos a este nivel son de tres tipos: absorción pasiva de la energía ultrasónica, degradación mecánica de las cadenas y

efectos químicos debidos a la cavitación causada por acción de los radicales libres (WHO, 1982).

Algunos insectos mueren en poco tiempo por efecto del ultrasonido y los organismos embrionarios presentan desarrollo anormal. Ahora si los órganos sobre los que se quiere actuar se encuentran sumergidos, los efectos producidos son más violentos debido al aumento de la superficie expuesta.

En ratones los trabajos que se han llevado a cabo para estudiar los efectos sobre el desarrollo se han centrado en el uso de altas frecuencias ultrasónicas y los resultados observados se han producido por el calentamiento de los tejidos debido a la exposición a que se ven sometidos (WHO, 1982).

## IV. MATERIALES Y METODOS

### 4.1 Ubicación del estudio

El estudio se realizó en el Laboratorio de Crías de Insectos Noctuidos del Centro de Investigación y Reproducción de Controladores Biológicos (CIRCB) del Campus Agropecuario de la UNAN-León, ubicado un kilómetro y medio carretera a La Ceiba, con una altitud de 96 msnm, con precipitaciones anuales promedio de 1200 mm y temperatura de 32°C.

### 4.2 Descripción del estudio

El ensayo se realizó en condiciones de laboratorio a una temperatura de 28°C y con una humedad relativa del 70-80 %.

### 4.3 Metodología del ensayo

Para la elaboración del aparato emisor de ondas ultrasónicas de 28 kHz se utilizaron los componentes semiconductores, resistores, condensadores de cerámica, reguladores de carga de voltaje, circuitos integrados, transistores, transductores, panel solar , distribuidor de carga, batería, cables dúplex y conectores. El ensamblaje del aparato se llevó a cabo durante el mes de marzo del 2014, con el objetivo de establecer el ensayo entre finales del mes de abril y finalizarlo a principios de junio del 2014.

Se realizaron 4 repeticiones de las 4 fases de *Spodoptera frugiperda* (huevo, larva, pupa, adulto), en la cual cada repetición tuvo la duración de una semana (7 días ) siendo irradiados durante 3 horas seguidas diariamente con una frecuencia de 28 kHz (kilos herz). En la fase pupa para el control de peso antes y después de la irradiación se utilizo la balanza analítica.

Las muestras se establecieron en un recipiente plástico de 25cm ancho y 40cm de largo con 30cm de profundidad el cual en medio de este posee un twister (transductor) que es el que se encargó de transformar la señal electrónica que proviene del aparato generador de la frecuencia a una señal mecánica o acústica (ultrasonido).

**Fase huevo:** la población total fueron de 1600 huevos la cual estuvo dividida en 400 muestras por repetición, de las cuales 200 fueron de huevos de coloración verde y 200 huevos de coloración café, estas estuvieron subdivididas en 100 huevos coloración verde y 100 huevos de coloración café para el tratamientos y 100 huevos de coloración verde y 100 de coloración café usados como testigo.

**Fase larva:** la población total fue de 800 larvas, la cual se dividió en 200 larvas por repetición para cada estadio (L1, L2, L3, L4) siendo 50 larvas por estadio (L1, L2, L3, L4), de las cuales 25 larvas fueron utilizadas como testigo y 25 larvas sometidas a la irradiación (L1, L2, L3, L4).

**Fase pupa:** la población total fue de 125 pupas la cual estuvo dividida en 4 repeticiones de 25 pupas para lograr un total de 100 sometidas al tratamiento y 25 usadas como testigo. Cada una de las pupas en tratamiento se pesó en la balanza antes de la irradiación y después de la irradiación, con el objetivo de determinar el efecto del ultrasonido en la pupa, este pesaje se realizó durante toda la repetición (7 días) así mismo se pesaron las pupas testigos para marcar una diferencia de pérdida en el peso al compararla con las pupas del tratamiento.

**Fase adulto:** la población total fue de 200 adultos, la cual estuvo dividida en 50 adultos por repetición de las cuales 25 fueron usadas como testigo y 25 fueron sometidas al tratamiento diario de 28khz.

Se utilizó la dieta tejana, elaborada en Laboratorio de Crías de Insectos Noctuidos del Centro de Investigación y Reproducción de Controladores Biológicos (CIRCB) del Campus Agropecuario de la UNAN-León, con los componentes: Germen de trigo, harina de frijol, ácido ascórbico, ácido sorbico, vitaminas, tetraciclina, levadura, agua, Benlate y methyl paraben.

#### **4.4 Variables a medir**

**Mortalidad:** se observaron las muestras diariamente para medir los individuos muertos por la irradiación de ondas ultrasónicas.

**Supervivencia:** se observaron las muestras de individuos diariamente para determinar cuáles individuos no fueron afectados.

**Eclosión:** se observaron diariamente el número de individuos eclosionados y no eclosionados que fueron sometidos por la irradiación de ondas ultrasónicas.

**Crecimiento:** se observaron diariamente el comportamiento de los individuos irradiados por las ondas ultrasónicas.

#### **4.5 Análisis de los datos**

Es un estudio experimental en el cual los datos obtenidos fueron introducidos en una hoja de cálculo EXCEL para la realización de los gráficos y el análisis de supervivencia, se utilizó el estadístico t- student para muestras independiente para analizar la significancia de la pérdida de peso la fase pupa por medio del programa de análisis de datos SPSS.

## V. RESULTADOS Y DISCUSION

### 5.1. Resultados del tratamiento de ondas ultrasónicas en la Fase huevo de *Spodoptera frugiperda*.

Tabla 1. Tratamiento de *Spodoptera frugiperda* en el estadio Huevo.

Total de huevos: 1600 color café: 800 color verde:800 (tratamiento -color verde: 400 /color café:400) (testigo-color verde: 400 / color café: 400)																	
	Tratamiento								testigo								
	# de huevos eclosionados								# de huevos eclosionados								
	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3	Rep. 4	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3	Rep. 4	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3	Rep. 4	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3	Rep. 4	
Día 1																	
Día 2		100		100		100		100		100		100		100		100	
Día 3																	
Día 4									100		100		100		100		100
Día5	0		0		0		0										
Día 6																	
Día7																	
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>	100	<b>0</b>	100	<b>0</b>	100	<b>0</b>	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

 Huevos coloración verde

 Huevos coloración café o marrón.

**TABLA 1.** En la 1ra. Repetición se irradiaron huevos de coloración verde, obteniéndose un 100% de la mortalidad, es decir que ninguno eclosiono. En los huevos de coloración café o marrón, no se observo ningún efecto del ultrasonido, obteniendo un 100% de supervivencia.

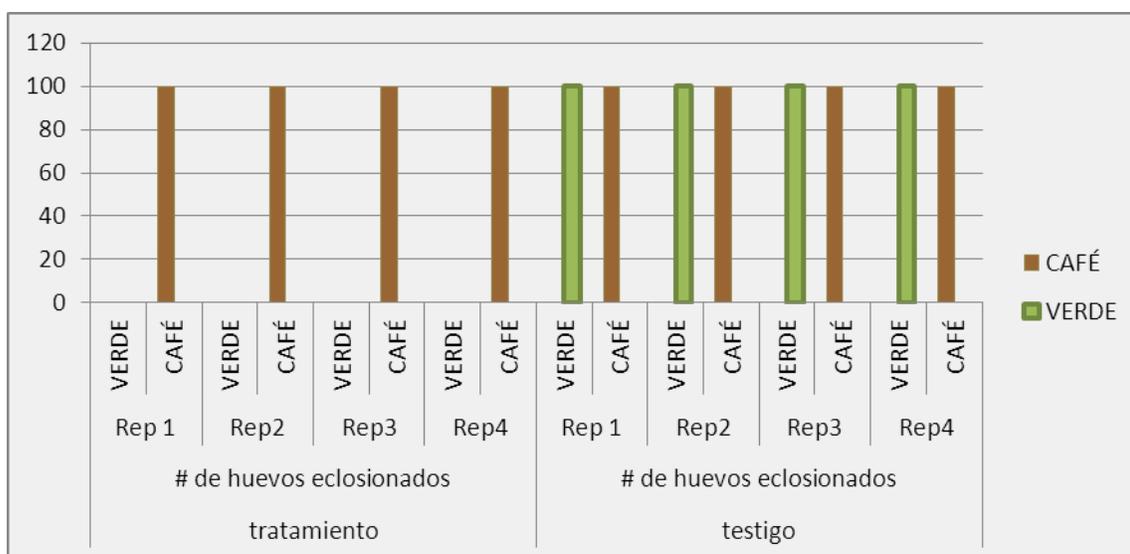
En la 2da. Repetición se irradiaron huevos de coloración verde, obteniéndose un 100% de la mortalidad, es decir que ninguno eclosiono. En los huevos de coloración café o marrón, no se observo ningún efecto del ultrasonido, obteniendo un 100% de supervivencia.

En la 3ra. Repetición se irradiaron huevos de coloración verde, obteniéndose un 100% de la mortalidad, es decir que ninguno eclosiono. En los huevos de coloración café o marrón, no se observó ningún efecto del ultrasonido, obteniendo un 100% de supervivencia.

En la 4ta. Repetición se irradiaron huevos de coloración verde, obteniéndose un 100% de la mortalidad, es decir que ninguno eclosiono. En los huevos de coloración café o marrón, no se observó ningún efecto del ultrasonido, obteniendo un 100% de supervivencia.

Según los resultados obtenidos en la fase huevo de coloración verde del tratamiento se debió al efecto de cavitación producido por la irradiación de ondas de ultrasonido en el rango de 28 KHz, se es conocido que las ondas ultrasónicas producen vibraciones dentro los huevos, ya que contienen gas microscópico y agua y estos oscilan bajo la influencia del ultrasonido. Con respecto a los huevos de coloración café o marrón, al encontrarse mas desarrollados poseen menos medio acuoso y gas microscópico por lo que el efecto es mínimo. (WHO, 1982). En otros estudios los investigadores Payne y Shorey demostrarán ser eficaces sobre la oviposición del enrollador del repollo. (citados por Vincent et al., 2003).

**Grafico 1. Respuesta de mortalidad en el estadio huevo de Spodoptera frugiperda.**



**Grafico 1.** Nos muestra el comportamiento del huevo con respecto a su eclosión en comparación al testigo, donde el tratamiento en su etapa recién puesto de coloración verde se observa que es más susceptible a los efectos de cavitación que en este caso son causados por la emisión de ondas ultrasónicas, por lo tanto la mortalidad en los huevos de coloración verde fue del 100%, comparándolo con los huevos de coloración café que se encontraban a punto de eclosionar se obtuvo un resultado diferente, el 100% de los huevos de coloración café eclosionaron, estos lograron desarrollarse en sus siguientes fases de su ciclo biológico sin presentar ningún tipo de anomalía.

**5.2. Resultados del tratamiento de ondas ultrasónicas en la Fase larva de los estadios L1, L2, L3 y L4 de *Spodoptera frugiperda*.**

**Tabla 2. Mortalidad de larvas de *Spodoptera frugiperda* en los estadios L1, L2, L3 y L4 repetición 1.**

Población de larvas: 200 Tratamiento: 100 Testigo: 100 / M : Mortalidad S: Supervivencia								
Repetición 1	L1		L2		L3		L4	
Semana 1	M	S	M	S	M	S	M	S
DIA 1	21	4	1	24	0	25	0	25
DIA 2								
DIA 3								
DIA 4								
DIA 5								
DIA 6								
DIA 7								
TOTAL	21	4	1	24	0	25	0	25

**Tabla 1.** Con lo observado en el experimento, en la primera repetición se obtuvo una mortalidad del 84% en las larvas del estadio 1 (L1) con 16% supervivencia, es decir, que 21 larvas resultaron afectadas, mientras que 4 lograron desarrollarse al siguiente estadio.

Sin embargo en las larvas del estadio 2 (L2), solamente se obtuvo un 4% de la mortalidad y 96% de supervivencia, es decir, que solamente 1 de las 25 larvas fueron afectadas y 24 lograron desarrollarse al siguiente estadio.

En los estadios L3 y L4, no se observó ningún efecto por parte del ultrasonido, obteniendo un 100% de supervivencia en ambos estadios.

**Tabla 3. Mortalidad de larvas de Spodoptera frugiperda en los estadios L1, L2, L3 y L4.Repetición 2.**

Población de larvas: 200 Tratamiento: 100 Testigo: 100 / M : Mortalidad S: Supervivencia								
Repetición 2	L1		L2		L3		L4	
Semana 2	M	S	M	S	M	S	M	S
DIA 1	19	6	2	23	0	25	0	25
DIA 2								
DIA 3								
DIA 4								
DIA 5								
DIA 6								
DIA 7								
TOTAL	19	6	2	23	0	25	0	25

**Tabla 3.** En la segunda semana en el estadio L1, se observaron un 76% de mortalidad, es decir, 19 larvas fueron afectadas mientras, que solo un 24% lograron seguir desarrollándose en el siguiente estadio.

En el estadio L2 la mortalidad fue de 8%, con un 92% de supervivencia, es decir, que solamente 2 de las 25 larvas fueron afectadas por el ultrasonido y 23 lograron desarrollarse al siguiente estadio.

En los estadios L3 y L4, no se observó ningún efecto por parte del ultrasonido, obteniendo un 100% de supervivencia en ambos estadios.

**Tabla 4. Mortalidad de larvas de Spodoptera frugiperda en los estadios L1, L2, L3 y L4. Repetición 3.**

Población de larvas: 200 Tratamiento: 100 Testigo: 100 / M : Mortalidad S: Supervivencia								
Repetición 3	L1		L2		L3		L4	
Semana 3	M	S	M	S	M	S	M	S
DIA 1	22	3	0	25	0	25	0	25
DIA 2								
DIA 3								
DIA 4								
DIA 5								
DIA 6								
DIA 7								
TOTAL	22	3	0	25	0	25	0	25

**Tabla 4.** En la repetición 3 se observó que en el estadio L1 tuvo una mortalidad del 88% es decir que 22 de las larvas fueron afectadas por el ultrasonido, mientras que un 12% (3 larvas) lograron pasar al siguiente estadio.

En los estadios L2, L3 y L4, no se observó ningún efecto por parte del ultrasonido, obteniendo un 100% de supervivencia en los tres estadios.

**Tabla 5. Mortalidad de larvas de Spodoptera frugiperda en los estadios L1, L2, L3 y L4. Repetición 4.**

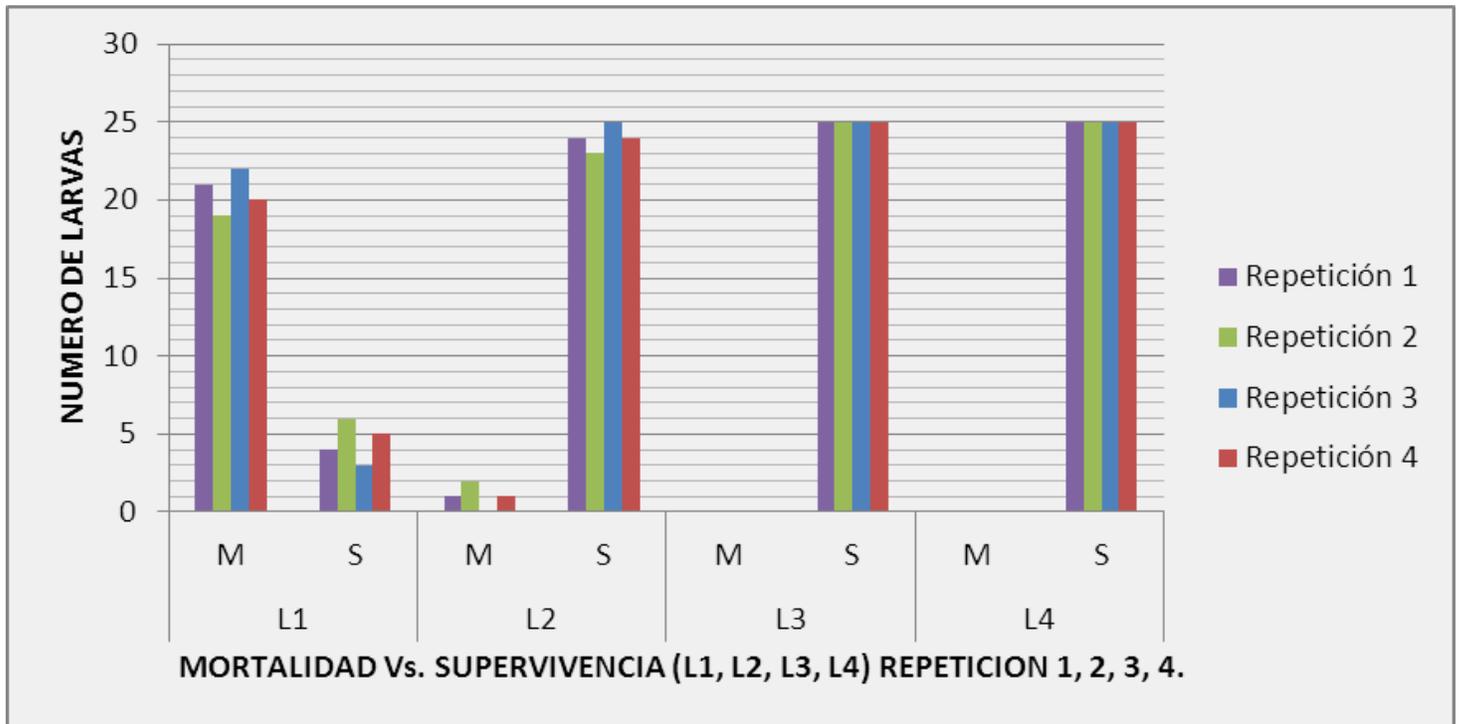
Población de larvas: 200 Tratamiento: 100 Testigo: 100 / M : Mortalidad S: Supervivencia								
Repetición 4	L1		L2		L3		L4	
Semana 4	M	S	M	S	M	S	M	S
DIA 1	20	5	1	24	0	25	0	25
DIA 2								
DIA 3								
DIA 4								
DIA 5								
DIA 6								
DIA 7								
TOTAL	20	5	1	24	0	25	0	25

**Tabla 5.** En la repetición 4, en el estadio L1, se obtuvo un 80% de mortalidad, es decir que 20 de las larvas fueron afectadas por el ultrasonido, mientras que el 20% logro desarrollarse al siguiente estadio.

En el estadio L2, se observó un 4% de mortalidad es decir que solo 1 larva fue afectada por el ultrasonido mientras que hubo un 96 % de supervivencia, es decir que 24 larvas se desarrollaron al siguiente estadio.

En los estadios L3 y L4, no se observó ningún efecto por parte del ultrasonido, obteniendo un 100% de supervivencia en ambos estadios.

**Grafico 2. Comparación de las repeticiones de mortalidad y supervivencia en larvas de *Spodoptera frugiperda*.**



**Grafica 2.** Nos demuestra el efecto del ultrasonido, dando como resultado mayor mortalidad en el estadio L1 de *Spodoptera frugiperda*, observándose que en la repetición 3 se obtuvo el mayor número de individuos muertos, como resultado durante todo el experimento se obtuvo un 82% de mortalidad por parte de las larvas en el estadio L1 y un 25% por el estadio L2, presentándose una supervivencia del 100% en los estadios L3 y L4.

Las larvas de los estadios L2, L3 y L4 que sobrevivieron, se les dio seguimiento, logrando estas desarrollarse en sus siguiente fase pupa y finalizar su ciclo de vida en adulto. Sin presentar ningún tipo de efecto secundario por el ultrasonido durante su desarrollo final.

Según los resultados obtenidos en la fase larva estadio L1, la mortalidad se puede atribuir al movimiento streaming causado por la irradiación de ondas ultrasónicas (WHO, 1982), en los tejidos blandos ya que en el estadio L1, el cuerpo de la larva se encuentra en su etapa prematura de desarrollo. Se observa que en el estadio L2, hay una mortalidad menor debido a que se encuentra en una etapa mas desarrollada, en el estadio L3 y L4 no se presento ningún efecto debido a que estas poseen su ultima etapa de desarrollo, y el efecto streaming no se presenta, es decir las larvas en los estadios L3 y L4 son mas resistentes a la frecuencia de 28 Khz.

### 5.3. Resultados de la evaluación de pérdida de peso del tratamiento de ondas ultrasónicas en la Fase pupa de *Spodoptera frugiperda*.

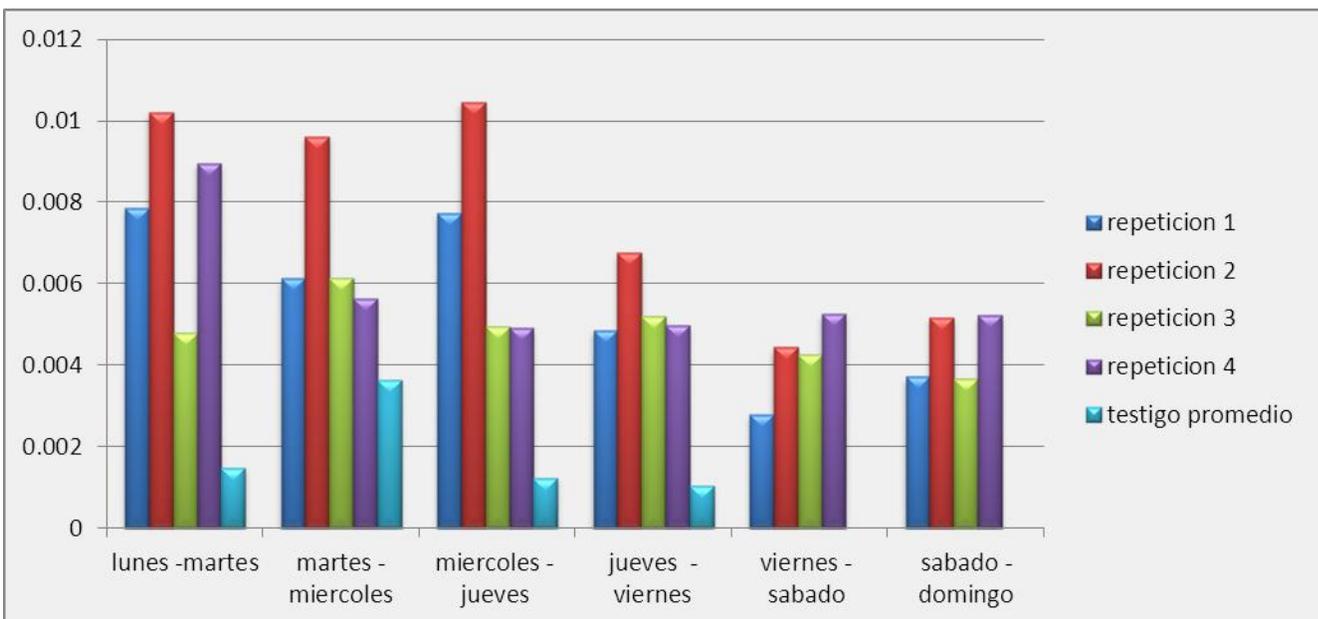
**Tabla 6. Tratamiento en el estadio Pupa.**

TABLA DE PROMEDIO PUPAS 24 hrs ( tratamiento vs testigo)						
DIAS	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	Repetición 4	total promedio	testigo promedio
lunes –martes	0.007868	0.010216	0.004780	0.008964	0.007957	0.001484
martes –miércoles	0.006128	0.009612	0.006144	0.005620	0.006876	0.003640
miércoles – jueves	0.007744	0.010464	0.004936	0.004900	0.007011	0.001228
jueves - viernes	0.004864	0.006760	0.005188	0.004980	0.005448	0.001042
viernes – sábado	0.002788	0.004444	0.004244	0.005272	0.004187	
sábado – domingo	0.003720	0.005172	0.003660	0.005220	0.004443	
total promedio	0.005519	0.007778	0.004825	0.005826	0.005987	0.0018485

**Tabla 6.** Según los resultados obtenidos de los datos recolectados en la 1ra. Repetición se observó que la pérdida de húmeda promedio del tratamiento es de 0.005519 gr. En la 2da. Repetición, se observó que es de 0.007778 gr. En la 3ra. Repetición del experimento, la pérdida fue de 0.004825 gr. Y en la 4ta. Repetición del experimento, la pérdida promedio fue de 0.005826 gr. Es decir que el total promedio durante todo el experimento es de 0.005987 gr. En comparación al testigo, el cual su promedio total de pérdida fue de 0.0018485 gr.

En la repetición 1 se obtuvo de las 25 pupas, tres sobrevivientes que lograron desarrollarse a la fase adulto, es decir el 12% de sobrevivencia, así mismo en la repetición 2 lograron sobrevivir cuatro, es decir el 16%, en la repetición 3 lograron sobrevivir dos, es decir el 8% y en la repetición 4 sobrevivieron dos que equivale al 8%, con la única anomalía de que sufrió un retardo de 7-9 días a su fecha esperada de eclosión.

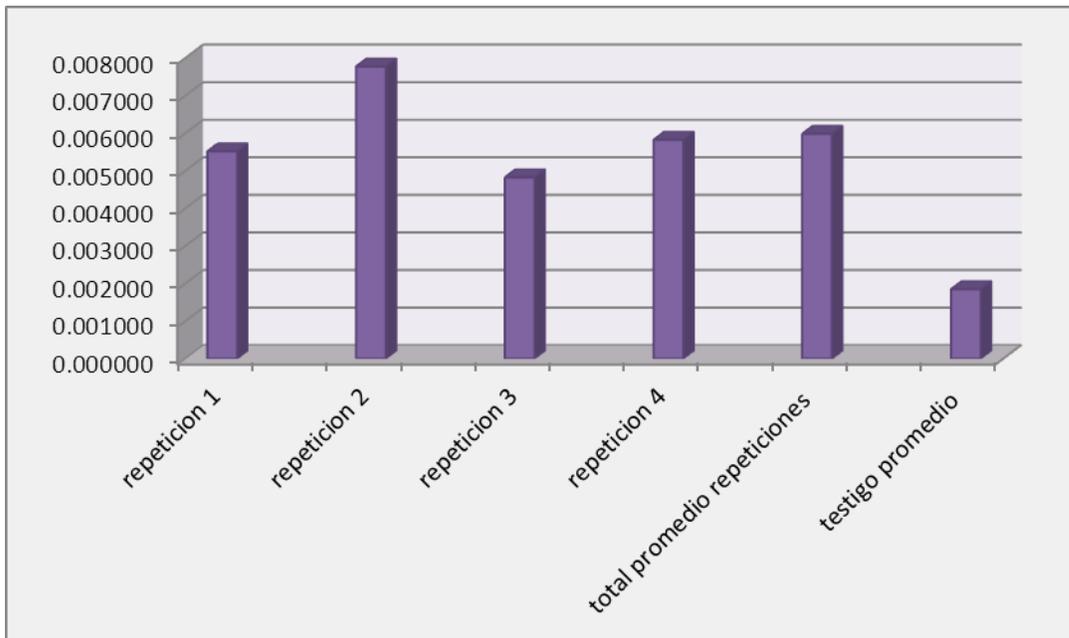
**Grafica 3. Respuesta de pérdida de peso por día en la fase Pupa.**



**Grafico 3.** Nos muestra el comportamiento de la pupa (pérdida de peso/día) después de ser irradiada a una frecuencia de 28 Khz. En cada repetición, donde la mayor pérdida de peso se observó en la repetición 2.

La pupa al poseer un capullo solido, con un medio acuoso interno en el cual se desarrolla para emerger a la fase adulto, esta es susceptible a cambios en el medio interno causado por la irradiación de ondas ultrasónicas de 28 Khz, provocando deshidratación en la pupa irradiada, este resultado lo atribuimos al efecto de cavitación, que tal como se explica es el movimiento de las moléculas que vibran dentro de la pupa. (Almagro, 1967). Muchos estudios se han realizado sobre los huevos, larvas, y prepupal etapas de *Drosophila melanogaster* y una variedad de efectos anormales de desarrollo se han observado en moscas adultas con la posible excepción de los huevos en las tempranas etapas de desarrollo (WHO, 1982).

**Grafico 4. Comparación de pérdida total de peso del tratamiento versus El testigo.**



**Grafico 4.** Nos demuestra la pérdida de peso por repetición y pérdida de peso total del tratamiento dando un resultado promedio de 0.005987 que en comparación al testigo es una pérdida de peso elevada ya que en el testigo solo se obtuvo una pérdida de peso total promedio de 0.0018485 antes que estas se desarrollaran a la siguiente fase (adulto).

#### 5.4. Resultados del tratamiento de ondas ultrasónicas en la Fase adulto de *Spodoptera frugiperda*.

**Tabla 7. Mortalidad y supervivencia en adultos de *Spodoptera frugiperda* y su reproducción. Repetición 1.**

Población de adultos: 50 Tratamiento:25 Testigo: 25 / M : Mortalidad S: Supervivencia						
Repetición 1	ADULTO TRATAMIENTO			ADULTO TESTIGO		
Semana 1	M	S	MASA DE HUEVO	M	S	MASA DE HUEVO
DIA 1	3	22			25	860
DIA 2	4	18			25	754
DIA 3	1	17		1	24	900
DIA 4	4	13	20		24	300
DIA 5	3	10			24	250
DIA 6	2	8		1	23	358
DIA 7	3	5	150		23	890
<b>total</b>	<b>20</b>	<b>5</b>	<b>170</b>	<b>2</b>	<b>23</b>	<b>4312</b>

**Tabla 7.** Con los datos obtenidos en la primera repetición del experimento, se obtuvo un porcentaje de mortalidad del 80%, es decir que 20 de los 25 adultos murieron durante los 7 días que fueron irradiados. Durante este periodo los adultos irradiados solo lograron poner 170 huevos, es decir 3.9%, en comparación al testigo que puso 4312 huevos tomando este resultado como nuestro 100% para la comparación en el estudio.

Es notorio que los adultos del tratamiento al ser expuestos a la irradiación por ondas de ultrasonido (28 Khz) son susceptibles, afectando su desarrollo reproductivo y fisiológico (sistema nervioso), por lo cual no lo logra cumplir su ciclo de vida natural.

**Tabla 8. Mortalidad y supervivencia en adultos de *Spodoptera frugiperda* y su reproducción. Repetición 2.**

Población de adultos: 50 Tratamiento:25 Testigo: 25 / M : Mortalidad S: Supervivencia						
Repetición 2	ADULTO TRATAMIENTO			ADULTO TESTIGO		
Semana 2	M	S	MASA DE HUEVO	M	S	MASA DE HUEVO
DIA 1	2	23			25	450
DIA 2	1	22	40		25	520
DIA 3	2	20			25	230
DIA 4	3	17			25	720
DIA 5	2	15	120	2	23	560
DIA 6	5	10			23	250
DIA 7	3	7		1	22	880
<b>total</b>	<b>18</b>	<b>7</b>	<b>160</b>	<b>3</b>	<b>22</b>	<b>3610</b>

**Tabla 8.** En la segunda repetición hubo un porcentaje de mortalidad del 68%, de las cuales murieron 17 de los 25 adultos iniciales. Durante este periodo los adultos irradiados solo lograron poner el 3.7% que equivalen a 160 huevos, en comparación al testigo que puso 3610 huevos, es decir el 83.7 %.

**Tabla 9. Mortalidad y supervivencia en adultos de *Spodoptera frugiperda* y su reproducción. Repetición 3.**

Población de adultos: 50 Tratamiento:25 Testigo: 25 / M : Mortalidad S: Supervivencia						
Repetición 3	ADULTO TRATAMIENTO			ADULTO TESTIGO		
Semana 3	M	S	MASA DE HUEVO	M	S	MASA DE HUEVO
DIA 1	2	23			25	350
DIA 2	3	21			25	520
DIA 3	2	19			25	400
DIA 4	4	15			25	770
DIA 5	2	13			25	895
DIA 6	3	9	60		25	250
DIA 7	2	7		2	23	945
<b>total</b>	<b>18</b>	<b>7</b>	<b>60</b>	<b>2</b>	<b>23</b>	<b>4130</b>

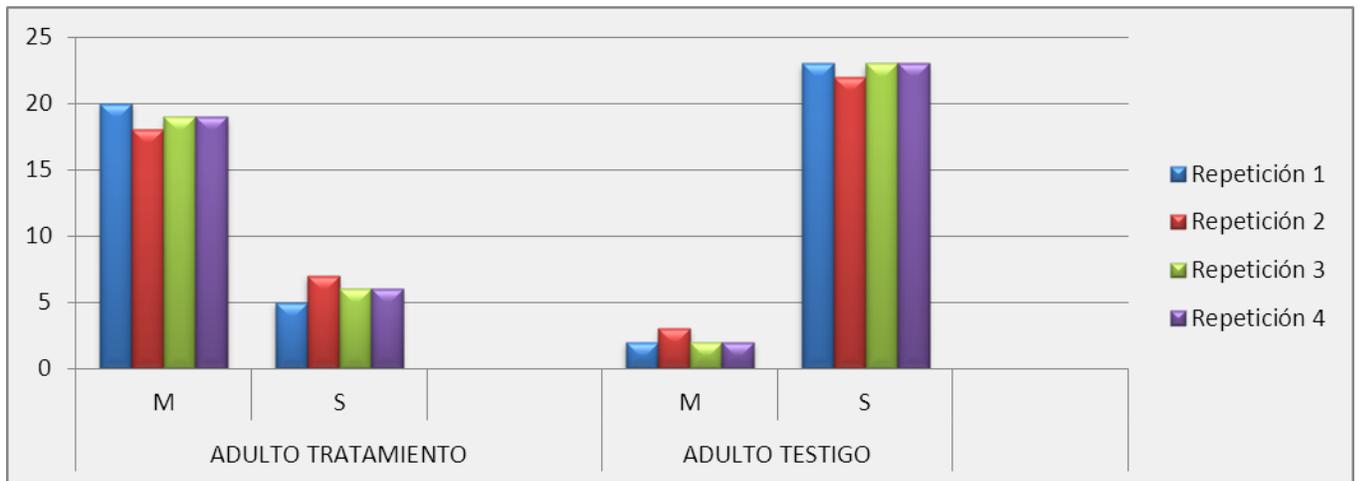
**Tabla 9.** En la tercera repetición se observó un 73% de mortalidad, muriendo 18 de los 25 adultos iniciales. Durante este periodo los adultos en tratamiento solo lograron poner el 1.3% que equivale a 60 huevos, en comparación al testigo que puso 4130 huevos que equivale al 95.7%.

**Tabla 10. Mortalidad y supervivencia en adultos de *Spodoptera frugiperda* y su reproducción. Repetición 4.**

Población de adultos: 50 Tratamiento:25 Testigo: 25 / M : Mortalidad S: Supervivencia						
Repetición 4	ADULTO TRATAMIENTO			ADULTO TESTIGO		
Semana 4	M	S	MASA DE HUEVO	M	S	MASA DE HUEVO
DIA 1	2	23			25	765
DIA 2	1	22			25	634
DIA 3	2	20			25	200
DIA 4	3	17	130		25	875
DIA 5	3	14		1	24	400
DIA 6	4	10			24	130
DIA 7	4	6		1	23	897
<b>total</b>	<b>19</b>	<b>6</b>	<b>130</b>	<b>2</b>	<b>23</b>	<b>3901</b>

**Tabla 10.** En la cuarta repetición se obtuvo un 76% de mortalidad, muriendo 19 de los 25 adultos iniciales. Durante este periodo los adultos testigo solo lograron poner 3% que equivalen a 130 huevos, mientras que el testigo puso 3901 huevos que equivale al 90.4%.

**Grafico 5. Comparación de mortalidad y supervivencia en los adultos de *Spodoptera frugiperda*.**



**Grafico 5.** Demuestra la efectividad del ultrasonido en frecuencia de 28 Khz. Ya que disminuyo drásticamente la población en un 74.25% durante todo el ensayo que en comparación a la del adulto testigo se ve reflejado que su tiempo de vida es menor.

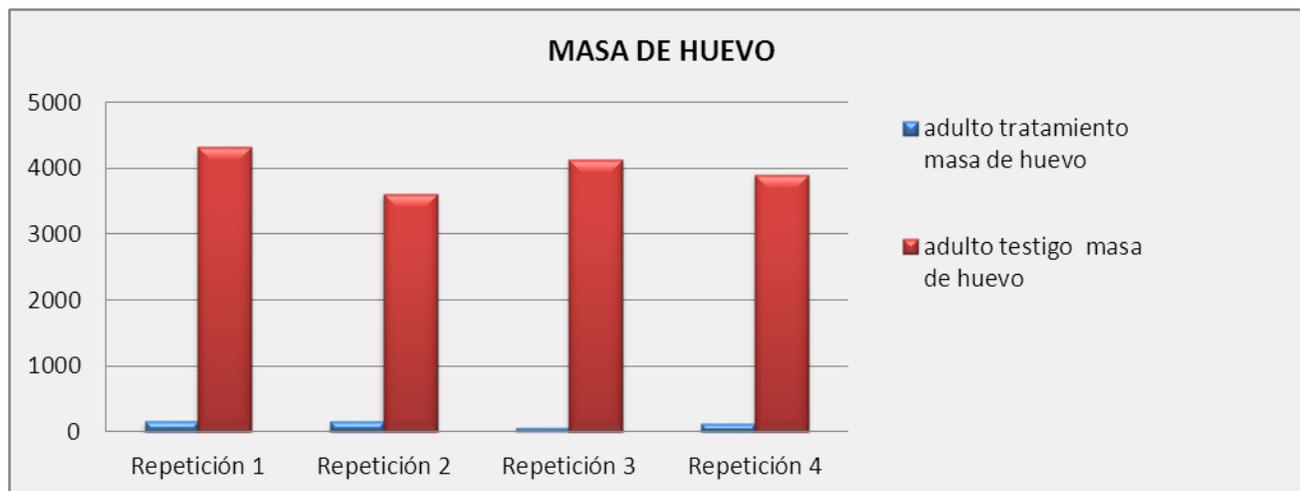
A causa de la morfología del adulto que posee antenas receptoras para guiarse a través medio en el que se desarrolla, estas son sensibles a perturbaciones acústica tal como el ultrasonido, logrando así que la frecuencia de 28 Khz cause efectos negativos en su tiempo de vida, es decir, afecta la búsqueda de alimento, orientación y reproducción.

Todos los insectos contienen cuerpos microscópicos sensibles a los gases que pueden oscilar bajo la influencia del ultrasonido. Se ha citado que la mosca de la fruta *Drosophila melanogaster* (Meigen) presentó un desarrollo anormal cuando se sometió a estas oscilaciones (WHO, 1982).

El efecto de absorción pasiva de la energía ultrasónica provoca resonancia en las antenas del insecto, la cual crea estática causando desorientación en el vuelo y por consiguiente las necesidades fisiológicas del adulto. (WHO, 1982).

### 5.5. Resultados de la reproducción de masas de huevo de los adultos irradiados por el aparato de ondas ultrasónicas.

**Grafico 6. Resultados de reproducción tratamiento versus Testigo.**



**Grafico 6.** Los resultados observados durante el ensayo determino que los adultos irradiados no solo presentaron mayor mortalidad sino que también su reproducción fue afectada, disminuyendo la cantidad de huevos en grandes números es decir que la disminución fue del 97% en comparación a las condiciones del testigo.

Se atribuye la disminución de la masa de huevo al efecto de absorción pasiva de la energía ultrasónica, es decir, el efecto de resonancia que afecta la orientación del insecto debido a la estática que se genera dentro de las antenas, por lo cual se les dificulta encontrar a su pareja para reproducirse.

## VI. CONCLUSIONES

Según los resultados obtenidos y dadas las condiciones en que se realizó el ensayo podemos concluir que:

1. Las ondas de ultrasonido en la frecuencia próxima a los 28Khz, puede producir un efecto sobre el desarrollo en el ciclo de vida de la *Spodoptera frugiperda* tales como mortalidad del 100% en la fase huevo de coloración verde (huevo prematuro).
2. En la fase larva, la emisión de ondas de ultrasonido tiene un efecto de mortalidad en el estadio de la larva L1, dado que todas las muestras indican que son más susceptibles en este estado prematuro.
3. En la fase pupa, la emisión de ondas de ultrasonido, se obtuvieron los resultados, uno de estos fue la deshidratación excesiva al momento de ser irradiadas y el otro fue que de las que sobrevivieron presentaron un retardo de aproximadamente de 7-9 días. Durante todo el ensayo se obtuvo un 89% de mortalidad y 11% de supervivencia.
4. En la fase adulto, la emisión de ondas de ultrasonido, obtuvieron dos resultados, el cual uno de ellos fue una mortalidad total durante todo el ensayo de 74.25%, y una disminución en la puesta de huevos durante todo el ensayo del 97%.

## VII. RECOMENDACIONES

**En base a los resultados obtenidos se recomienda que:**

1. La repetición del ensayo con diferentes niveles de frecuencia, para verificar si la frecuencia utilizada de 28 Khz es realmente la indicada para controlar las poblaciones de *Spodoptera frugiperda*.
2. Basados en el estudio, se recomienda la irradiación en una frecuencia de 28 Khz en huevos de coloración verde ya que se obtuvo una mortalidad total.
3. Se recomienda prolongar el tiempo de irradiación para obtener resultados más favorables.
4. Se recomienda el uso del ultrasonido en distintos insectos plagas, para valorar el efecto en su ciclo biológico.
5. Recomendamos realizar estudios con distintos niveles de frecuencias de ultrasonido, con el fin de obtener las frecuencias adecuadas para el control de cada insecto plaga.
6. Establecer un centro de investigación, el cual posea todas las condiciones adecuadas para la cría de insectos plagas, con el fin de ser sometidos al estudio de irradiación de frecuencia ultrasónica, y obtener los niveles adecuados de frecuencia para su control.

## VIII. BIBLIOGRAFIA

- ALMAGRO, V. 1967. Los ultrasonidos: teoría y aplicaciones. Madrid, España.
- NUEVA ENCICLOPEDIA TEMÁTICA-1977-Mexico, San Mateo-Tecoloapan-Tomo 3, Cap. 14- PP.171
- ORTIZ, F. 2010. Diccionario de especialidades agroquímicas. Thomson PLM del Ecuador S.A. Quito, Ecuador. p. 310.
- PLAGAS INVERTEBRADAS DE CULTIVOS ANUALES ALIMENTICIOS EN AMÉRICA CENTRAL, 1998. Joseph L. Saunders, Daniel T. Coto, Andrew B.S. King – 2ª Ed.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO), 1982. Ultrasound. Printed on Fonland. 199 p.
- Ángulo, J.M. 2000. Manejo del gusano cogollero del maíz utilizando extractos de plantas. En línea. Consultado 20 de marzo el 2014. Disponible en <http://www.turipana.org>.
- Instituto de investigaciones de sanidad vegetal. Spodoptera Frugiperda en Maíz. Cuba.1997.71p.
- ZAMORANO, COSUDE, INTA, UNA, CATIE, UNAN-León. 1996. Manejo Integrado de Plagas en el cultivo de maíz. 1era. Edición. Managua, Nicaragua. 77 p.
- CENTA. 1996. Manejo Integrado del Gusano Cogollero, San Salvador, El Salvador. 8 p.
- INTA. 1999. Guía Tecnológica No.4: Cultivo del maíz. Cuarta edición. Managua, Nicaragua. 20 p.
- Arana, A. et al.2003. Tesis Estudio del Comportamiento de la Especie *Spodoptera sunia* (Spodoptera; Nuctuidae) Utilizando dos dietas artificiales diferente para su producción masiva. Licenciatura en Biología. Campus Agropecuario, León-Nic. UNAN. 69 p.
- Oregón State University. 2007. Recetas saludables, harina de frijol negro. (En línea). Consultado 09 de mayo 2014. Disponible en: <http://www.healthyrecipes.oregonstate.edu/spanish/beans>
- Olmo, M. 2007. El Germen de Trigo. (En línea). Consultado 09 de mayo del 2014. Disponible en: <http://www.enbuenasmanos.com/articulo/muestra.asp?art=51>
- Licata, M. 2007. Vitaminas. (En línea). Consultado el 09 de mayo del 2014. Disponible: <http://www.zonadiet.com/nutricion/vitaminas>. Htm

Medlineplus, 2007. Tetraciclina. (En línea). Consultado el 11 de mayo del 2014. Disponible:<http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/druginfo/medmaster/a682098-es.html>

Ciao, Shopping Intelligence, 2007. Metil Parabén. (En línea). Consultado 02 de junio del 2014. disponible en: <http://www.ciao.es/Puleva-Salud-Opinion-935254>.

Alves, SB. 1986. Controle microbiano de insetos. Sao Paulo, Brasil, Editora Monole. 407 p.

Evans, HF; Entwistle, P. 1987. Viral diseases. In Epizootiology of insect diseases.p. 257-315.

Entwistle, PF; Evans, HF. 1985. Viral Control. In Comprehensive Insect Fisiology. Biochemistry and pharmacology. Gilbert, LI; Kerkut Ed.Oxford, Pergamon Press. vol 12. p.347.

Ignoffo, CM; Couch, TL. 1981. The nucleopolyhedrosis virus of *Heliothis* species as a microbial insecticides. In Burges, HD. Ed.Microbial control of pests and plant diseases. London, Academic Press.p.329-362.

Lecuona, RE.1995. Microorganismos patógenos empleados en el control microbiano de insectos plaga.338 p.

Moscardi, F.1989. Use of viruses for pest control in Brasil: the case of the nuclear polyhedrosis virus of the Soybean caterpillar, *Anticarsia gemmatilis*. Mem. Inst. Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, vol. 84. Suppl.III.p. 51-56.

Poveda, J Y; Saravia, J.1994. Prueba comparativa de métodos de aplicación de SfVPV para el control de *Spodoptera frugiperda* en maíz. Tesis Lic. Nicaragua, UNAN-LEON.

Valicente, FH; Cruz, I. 1991. Controle biológico da lagarta do-cartucho, *Spodoptera frugiperda*, com o baculoviridae. EMBRAPA. Circular técnica no.15.21 p.

Consultado en línea:

Ácido ascórbico (en línea) 20 de mayo del 2014, en: [http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81cido\\_asc%C3%B3rbico](http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81cido_asc%C3%B3rbico)

Ácido sorbico (en línea) 20 de mayo del 2014, en: [http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81cido\\_s%C3%B3rbico](http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81cido_s%C3%B3rbico)

Levadura (en línea) 20 de mayo del 2014, en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Levadura>

Agua (en línea) 20 de mayo del 2014, en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Agua>

Benlate (en línea) 20 de mayo del 2014, en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Benomilo>

## IX. ANEXOS

**Anexo 1. Tabla de ingredientes dieta tejana para la cría de *Spodoptera frugiperda*.**

INGREDIENTES	CANTIDAD
Frijoles	375 gr
Germen de trigo	160 gr
Levadura	106 gr
agua	1600 ml
Tetraciclina	1 capsula
Methilparaben	6.6 gr
Acido ascórbico	11.6 gr
Ácido sorbico	3.3gr
Benlate	1 gr
Vitaminas y Minerales	7 gr

**Anexos 2. Tabla ejemplo de hoja de muestras en la fase huevo.**

Total de huevos: 1600 color café: 800 color verde:800 (tratamiento -color verde: 400 /color café:400) (testigo-color verde: 400 / color café: 400)																
	tratamiento								testigo							
	# de huevos eclosionados								# de huevos eclosionados							
	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3	Rep. 4	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3	Rep. 4	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3	Rep. 4	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3	Rep. 4
Día 1																
Día 2																
Día 3																
Día 4																
Día 5																
Día 6																
Día 7																
TOTAL																

Huevos coloración verde.

Huevos coloración café.

**Anexos 3. Tabla ejemplo de hoja de muestras en la fase larva. Tratamiento y testigo.**

Población de larvas: 400 Tratamiento: 400 L1: 100 L2:100 L3: 100 L4: 100/ M : Mortalidad S: Supervivencia								
Repetición #	L1		L2		L3		L4	
Semana #	M	S	M	S	M	S	M	S
DIA 1								
DIA 2								
DIA 3								
DIA 4								
DIA 5								
DIA 6								
DIA 7								
TOTAL								

Población de larvas: 800 Testigo: 400 L1: 100 L2:100 L3: 100 L4: 100/ Tratamiento: 400 L1: 100 L2:100 L3: 100 L4: 100 / M :  
Mortalidad S: Supervivencia

Repetición #	L1		L2		L3		L4	
Semana #	M	S	M	S	M	S	M	S
DIA 1		25		25		25		25
DIA 2								
DIA 3								
DIA 4								
DIA 5								
DIA 6								
DIA 7								
TOTAL		25		25		25		25

Repetición #	L1		L2		L3		L4	
Semana #	M	S	M	S	M	S	M	S
DIA 1		25		25		25		25
DIA 2								
DIA 3								
DIA 4								
DIA 5								
DIA 6								
DIA 7								
TOTAL		25		25		25		25

Repetición #	L1		L2		L3		L4	
Semana #	M	S	M	S	M	S	M	S
DIA 1		25		25		25		25
DIA 2								
DIA 3								
DIA 4								
DIA 5								
DIA 6								
DIA 7								
TOTAL		25		25		25		25

Repetición #	L1		L2		L3		L4	
Semana #	M	S	M	S	M	S	M	S
DIA 1		25		25		25		25
DIA 2								
DIA 3								
DIA 4								
DIA 5								
DIA 6								
DIA 7								
TOTAL		25		25		25		25

Anexos 4. Tabla ejemplo de toma de datos en la fase pupa del tratamiento.

Registro de pupas que pasan a la fase adulto																											
# de pupas	Fecha de revisión																										
	Semana 1							Semana 2							Semana 3							Semana4					
	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S
1																											
2																											
3																											
4																											
5																											
6																											
7																											
8																											
9																											
10																											
11																											
12																											
13																											
14																											
15																											
16																											
17																											
18																											
19																											
20																											
21																											
22																											
23																											
24																											
25																											

TABLA DE PUPA REPETICION 1

muestras	Día 1		Día 2		Día 3		Día 4		Día 5		Día 6		Día 7		Promedio x pupa
	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	
1	0.2116	0.2104	0.2093	0.2084	0.2025	0.2009	0.1967	0.1959	0.1941	0.1938	0.1935	0.1898	0.1887	0.1750	0.0070874
2	0.1860	0.1821	0.1737	0.1723	0.1657	0.1643	0.1599	0.1590	0.1581	0.1578	0.1575	0.1557	0.1551	0.1525	0.0102269
3	0.1911	0.1861	0.1765	0.1746	0.1676	0.1661	0.1605	0.1505	0.1405	0.1401	0.1397	0.1370	0.1367	0.1357	0.0176644
4	0.1689	0.1671	0.1665	0.1635	0.1615	0.159	0.157	0.1534	0.1518	0.1485	0.1466	0.1434	0.1419	0.1389	0.0069812
5	0.2232	0.2229	0.2212	0.2179	0.216	0.2129	0.2109	0.2076	0.2054	0.2022	0.2001	0.1972	0.1947	0.1917	0.0074526
6	0.1973	0.1949	0.1930	0.1922	0.1895	0.186	0.1845	0.1811	0.1785	0.1749	0.173	0.1698	0.1676	0.1646	0.0074398
7	0.1907	0.1876	0.1851	0.1817	0.1796	0.1764	0.1742	0.1713	0.1698	0.1666	0.1647	0.1622	0.1605	0.1576	0.0080160
8	0.1928	0.1897	0.1876	0.1845	0.1825	0.1796	0.1774	0.1744	0.1719	0.169	0.1671	0.164	0.1614	0.1586	0.0078757
9	0.1481	0.1446	0.1384	0.1372	0.1317	0.1298	0.1180	0.1080	0.1074	0.1071	0.1068	0.1039	0.1038	0.1030	0.0157799
10	0.2252	0.2153	0.2047	0.2022	0.1980	0.1943	0.1898	0.1866	0.184	0.1827	0.1796	0.175	0.1725	0.1715	0.0139118
11	0.1589	0.1577	0.1523	0.1504	0.1441	0.1421	0.1358	0.1349	0.1340	0.1334	0.1328	0.1322	0.1318	0.1308	0.0099123
12	0.1889	0.1878	0.1842	0.1834	0.1794	0.1499	0.1452	0.1447	0.1442	0.1437	0.1432	0.1418	0.1415	0.1405	0.0208803
13	0.1910	0.1901	0.1869	0.1856	0.1821	0.1806	0.1765	0.1755	0.1745	0.1741	0.1737	0.1708	0.1695	0.1685	0.0064614
14	0.1939	0.1914	0.1898	0.1875	0.1858	0.1836	0.1818	0.179	0.1773	0.1751	0.1732	0.1713	0.1699	0.1671	0.0062654
15	0.1589	0.1561	0.1529	0.1501	0.1485	0.1455	0.1433	0.1402	0.1383	0.1355	0.134	0.1311	0.1295	0.1264	0.0077543
16	0.2048	0.2029	0.2001	0.1972	0.1955	0.1928	0.1907	0.1875	0.1856	0.1828	0.1814	0.1789	0.1772	0.1742	0.0074247
17	0.1889	0.186	0.1843	0.1815	0.1799	0.1774	0.1756	0.1727	0.171	0.1686	0.1668	0.1642	0.1625	0.1595	0.0067202
18	0.1577	0.1504	0.1362	0.1431	0.1406	0.1394	0.1351	0.1341	0.1331	0.1328	0.1324	0.1303	0.1300	0.1297	0.0081912
19	0.1671	0.1653	0.1600	0.1585	0.1533	0.1517	0.1470	0.1464	0.1458	0.1447	0.1436	0.1419	0.1411	0.1398	0.0083121
20	0.2113	0.2085	0.1991	0.1970	0.1886	0.1864	0.1798	0.179	0.1782	0.1772	0.1762	0.1724	0.1720	0.1708	0.0127723
21	0.1956	0.1938	0.1924	0.1904	0.1886	0.1857	0.184	0.1812	0.1794	0.1767	0.1745	0.1715	0.1695	0.1664	0.0064220
22	0.1495	0.1464	0.1352	0.1323	0.1183	0.1142	0.1032	0.1025	0.1018	0.1008	0.0998	0.0995	0.0994	0.0992	0.0190691
23	0.1547	0.1530	0.1466	0.1445	0.1369	0.1351	0.1288	0.1280	0.1272	0.1262	0.1252	0.1230	0.1225	0.1218	0.0109043
24	0.1969	0.1940	0.1865	0.1847	0.1788	0.1776	0.1730	0.1650	0.1570	0.1562	0.1554	0.1525	0.1514	0.1407	0.0142625
25	0.1282	0.1269	0.1220	0.1208	0.1163	0.1146	0.1090	0.1081	0.1072	0.1064	0.1056	0.1034	0.1027	0.1017	0.0082309
Promedio	0.18325	0.18044	0.17538	0.17366	0.169252	0.16584	0.161508	0.15866	0.156644	0.155076	0.153856	0.151312	0.15014	0.147448	0.0102408

TABLA DE PUPA REPETICION 2

muestras	Día 1		Día 2		Día 3		Día 4		Día 5		Día 6		Día 7		Promedio x pupa
	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	
1	0.1824	0.1772	0.1725	0.167	0.1643	0.1577	0.1539	0.1497	0.1471	0.1448	0.1427	0.1399	0.1377	0.1354	0.013080197
2	0.2031	0.1977	0.193	0.1878	0.1835	0.1769	0.1727	0.1685	0.1659	0.1636	0.1615	0.1587	0.1569	0.1546	0.013887568
3	0.1927	0.1858	0.1811	0.1754	0.1711	0.1645	0.1609	0.1567	0.1541	0.1518	0.1506	0.1478	0.1456	0.1433	0.014098972
4	0.194	0.1889	0.1842	0.1792	0.1749	0.1683	0.1641	0.1599	0.1573	0.1550	0.1529	0.1501	0.1479	0.1456	0.013755548
5	0.2084	0.2032	0.1985	0.193	0.1885	0.1819	0.1777	0.1735	0.1709	0.1686	0.1665	0.1637	0.1615	0.1592	0.01406357
6	0.1895	0.1828	0.1781	0.1726	0.1683	0.1617	0.1575	0.1533	0.1507	0.1484	0.1459	0.1431	0.1409	0.1386	0.014239183
7	0.1957	0.1891	0.1844	0.1793	0.1750	0.1684	0.1642	0.1600	0.1574	0.1551	0.1532	0.1504	0.1494	0.1471	0.014060678
8	0.212	0.2066	0.2019	0.1964	0.1921	0.1855	0.1827	0.1785	0.1759	0.1736	0.1715	0.1687	0.1665	0.1642	0.013405621
9	0.2116	0.2057	0.201	0.1955	0.1912	0.1846	0.1804	0.1762	0.1736	0.1715	0.1694	0.1665	0.1643	0.162	0.014067855
10	0.1847	0.1793	0.1746	0.1694	0.1651	0.1585	0.1543	0.1501	0.1475	0.1452	0.1431	0.1398	0.1376	0.1353	0.013887568
11	0.1795	0.175	0.1703	0.1648	0.1606	0.154	0.1498	0.1456	0.1441	0.1418	0.1397	0.1371	0.1349	0.1326	0.013520211
12	0.1858	0.1804	0.1757	0.1702	0.1659	0.1593	0.1551	0.1509	0.1483	0.146	0.1439	0.141	0.1388	0.1365	0.014007791
13	0.191	0.1851	0.1804	0.1749	0.1712	0.1646	0.1604	0.1562	0.1536	0.1513	0.1492	0.1464	0.1442	0.1419	0.013825343
14	0.1947	0.1893	0.1846	0.1791	0.1748	0.1682	0.1635	0.1593	0.1567	0.1544	0.1523	0.1495	0.1473	0.145	0.014225579
15	0.2036	0.1982	0.1935	0.1884	0.1841	0.1775	0.1733	0.1691	0.1664	0.1641	0.162	0.1587	0.1565	0.1542	0.013874101
16	0.2178	0.2127	0.208	0.2025	0.1968	0.1902	0.186	0.1818	0.1792	0.1769	0.1748	0.172	0.1698	0.1675	0.014593716
17	0.197	0.1916	0.1869	0.1814	0.1771	0.1718	0.1676	0.1634	0.1608	0.1585	0.1564	0.1536	0.1514	0.1491	0.013400949
18	0.1785	0.1758	0.1711	0.1656	0.1613	0.1558	0.1516	0.1474	0.1448	0.1425	0.1404	0.1376	0.1354	0.1331	0.013035268
19	0.177	0.1716	0.1669	0.1614	0.1574	0.1508	0.1466	0.1424	0.1398	0.1375	0.1354	0.1318	0.1296	0.1273	0.01387221
20	0.1867	0.1799	0.1752	0.1697	0.1654	0.159	0.1548	0.1506	0.148	0.1457	0.1436	0.1396	0.1374	0.1351	0.014164039
21	0.1945	0.1893	0.1846	0.1794	0.1751	0.1685	0.1643	0.1601	0.1575	0.1552	0.1531	0.1496	0.1474	0.1451	0.013852737
22	0.213	0.2076	0.2029	0.1974	0.1931	0.187	0.1828	0.1786	0.176	0.1737	0.1716	0.1666	0.1644	0.1621	0.013773521
23	0.2087	0.2036	0.1989	0.1934	0.1908	0.1842	0.1800	0.1758	0.1732	0.1709	0.1688	0.166	0.1638	0.1615	0.013192443
24	0.2145	0.2075	0.2028	0.1973	0.193	0.1875	0.1833	0.1791	0.1765	0.1742	0.1721	0.1693	0.1671	0.1648	0.013783327
25	0.1967	0.1913	0.1866	0.1811	0.1768	0.171	0.1683	0.1641	0.1615	0.1592	0.1551	0.1523	0.1501	0.1478	0.012990698
Promedio	0.196524	0.191008	0.186308	0.180888	0.176696	0.170296	0.166232	0.162032	0.159472	0.15718	0.155028	0.151992	0.149856	0.147556	0.013786348

TABLA DE PUPA REPETICION 3

Muestras	Día 1		Día 2		Día 3		Día 4		Día 5		Día 6		Día 7		Promedio x pupa
	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después									
1	0.1987	0.1953	0.194	0.1897	0.1875	0.1826	0.1795	0.1782	0.1771	0.1732	0.1731	0.1694	0.1682	0.1659	0.008715605
2	0.208	0.2063	0.2052	0.1992	0.197	0.1927	0.1906	0.1876	0.1857	0.1815	0.1802	0.1757	0.1742	0.1711	0.009244073
3	0.187	0.1845	0.1831	0.1805	0.1789	0.1754	0.1738	0.1699	0.1677	0.1643	0.1628	0.1597	0.1577	0.1553	0.007585871
4	0.1902	0.1877	0.1859	0.1811	0.1803	0.1762	0.1748	0.1707	0.1689	0.166	0.1646	0.1608	0.1598	0.1572	0.008256284
5	0.1879	0.1842	0.1833	0.1799	0.1787	0.1746	0.1727	0.1685	0.1665	0.1639	0.1626	0.1595	0.1675	0.1646	0.008099355
6	0.1716	0.1693	0.1672	0.1651	0.1638	0.1609	0.1593	0.1571	0.1555	0.1527	0.1511	0.1482	0.1476	0.1443	0.006200045
7	0.1927	0.1897	0.1876	0.1822	0.1804	0.1778	0.1763	0.173	0.1708	0.1673	0.1661	0.1627	0.1617	0.1586	0.008374007
8	0.1818	0.1795	0.1766	0.1722	0.1706	0.1681	0.1664	0.1626	0.1602	0.1577	0.1561	0.1535	0.1525	0.1499	0.008131291
9	0.176	0.1723	0.1701	0.1683	0.1664	0.1642	0.1628	0.1597	0.1574	0.1548	0.1529	0.1502	0.1498	0.1471	0.006733993
10	0.1925	0.188	0.1867	0.181	0.177	0.1737	0.1721	0.1689	0.167	0.1641	0.1624	0.1605	0.1597	0.1565	0.009650331
11	0.175	0.1732	0.1711	0.1694	0.1672	0.1646	0.1634	0.1612	0.1594	0.1573	0.1557	0.1536	0.1522	0.1496	0.005986429
12	0.1797	0.1768	0.1756	0.1723	0.1704	0.1678	0.166	0.1639	0.1618	0.1601	0.1589	0.1563	0.1551	0.1527	0.006644162
13	0.1908	0.1881	0.1859	0.1821	0.1801	0.1767	0.175	0.1724	0.1695	0.167	0.1651	0.1627	0.1618	0.1584	0.008020834
14	0.201	0.1987	0.1968	0.1928	0.1906	0.187	0.1854	0.1818	0.1802	0.1773	0.1754	0.1726	0.1714	0.1685	0.008156824
15	0.2104	0.2045	0.2031	0.1991	0.1965	0.1926	0.1907	0.1875	0.1854	0.1823	0.1806	0.1782	0.1775	0.1741	0.009101825
16	0.1981	0.1867	0.1851	0.1825	0.1797	0.1764	0.1749	0.1725	0.1709	0.1684	0.1663	0.164	0.1623	0.1597	0.008914009
17	0.1918	0.1889	0.1875	0.1832	0.1816	0.1795	0.1778	0.174	0.1722	0.1699	0.1675	0.1646	0.1627	0.1601	0.007358623
18	0.1842	0.1803	0.1796	0.1762	0.1741	0.1717	0.1699	0.1671	0.1663	0.1651	0.1627	0.1604	0.1591	0.1567	0.006541534
19	0.1821	0.1801	0.1792	0.1757	0.1738	0.1715	0.1697	0.1669	0.165	0.1624	0.1612	0.1593	0.1574	0.1541	0.006708237
20	0.1735	0.1708	0.1694	0.1664	0.1651	0.163	0.1617	0.1586	0.1565	0.1542	0.1521	0.1498	0.1483	0.1459	0.006327155
21	0.1971	0.195	0.1933	0.1898	0.1874	0.1838	0.182	0.1778	0.1762	0.1748	0.1738	0.1722	0.1708	0.1675	0.008046228
22	0.2101	0.2079	0.2062	0.2023	0.1896	0.1857	0.184	0.1794	0.1773	0.1744	0.1729	0.1696	0.1677	0.1643	0.013667679
23	0.1929	0.1902	0.1895	0.1856	0.1838	0.1802	0.1786	0.1749	0.173	0.1701	0.1685	0.1647	0.1631	0.1602	0.007790136
24	0.1788	0.1761	0.1742	0.1703	0.1687	0.1658	0.1639	0.1598	0.1559	0.1539	0.1526	0.1513	0.1502	0.1478	0.008463674
25	0.1935	0.1911	0.1897	0.1853	0.1831	0.1793	0.1776	0.1747	0.1728	0.1695	0.1679	0.165	0.1633	0.1592	0.008206529
Promedio	0.189816	0.186608	0.185036	0.181288	0.178892	0.175672	0.173956	0.170748	0.168768	0.166088	0.164524	0.16178	0.160864	0.157972	0.008036989

TABLA DE PUPA REPETICION 4  
 TABLA DE PUPA REPETICION 4

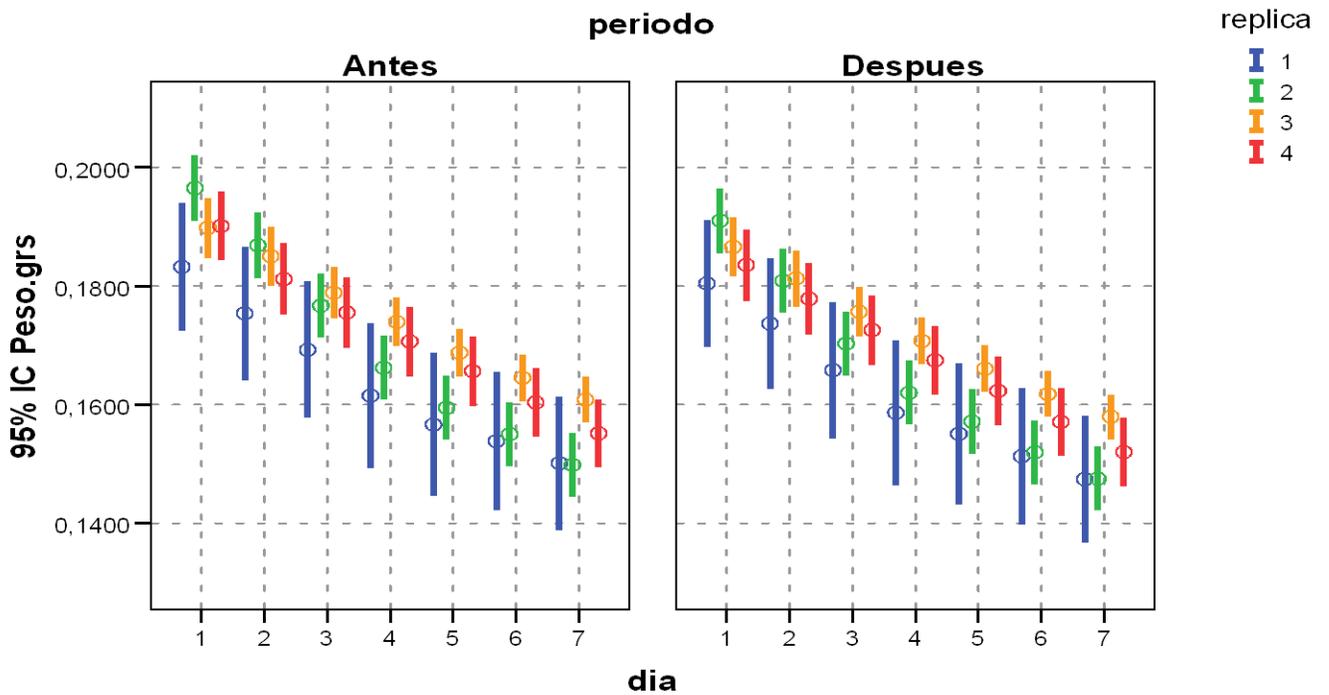
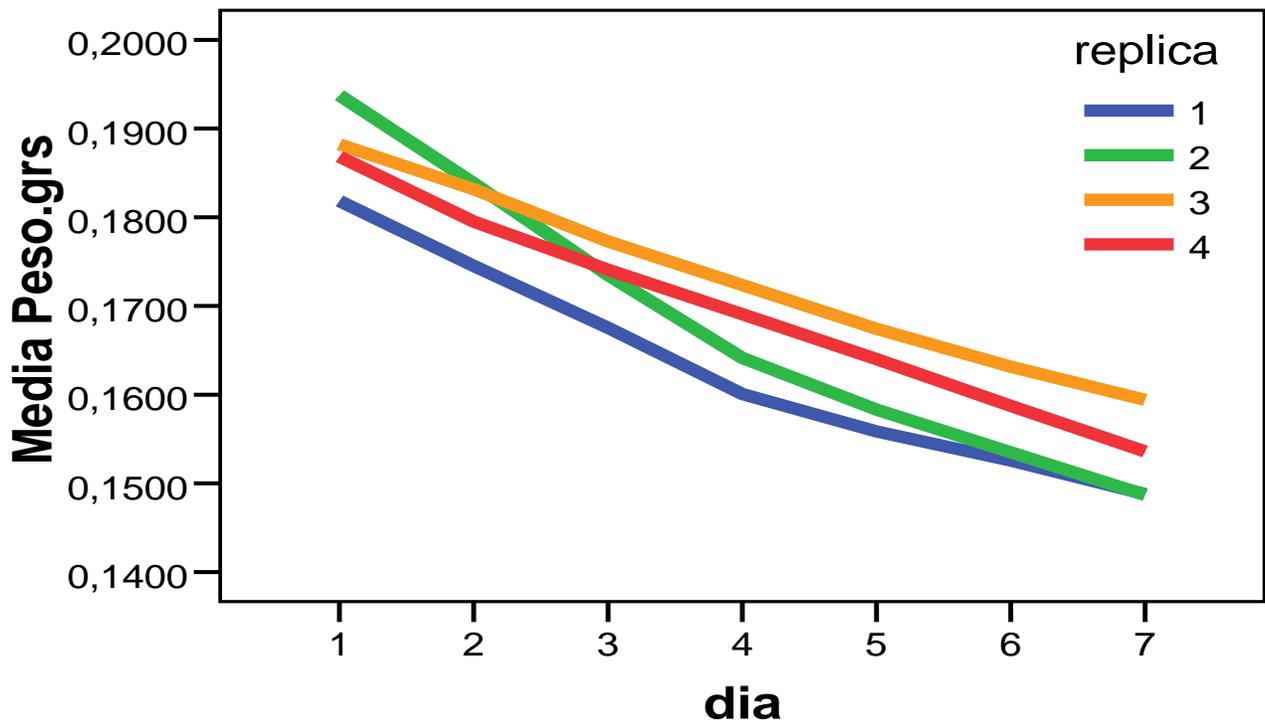
Muestras	Día 1		Día 2		Día 3		Día 4		Día 5		Día 6		Día 7		Promedio x pupa
	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después									
1	0.1823	0.1775	0.1754	0.1732	0.1709	0.1679	0.1653	0.1617	0.1596	0.1567	0.1543	0.1512	0.1492	0.1467	0.008294342
2	0.1721	0.1679	0.1656	0.1633	0.1610	0.1585	0.1564	0.1540	0.1526	0.1498	0.1482	0.1454	0.1441	0.1417	0.007164232
3	0.1808	0.1762	0.174	0.1708	0.1685	0.1659	0.1639	0.1616	0.1600	0.1576	0.1566	0.1548	0.154	0.1526	0.007523748
4	0.1934	0.1886	0.1863	0.183	0.1808	0.1779	0.1763	0.1739	0.1723	0.1695	0.1678	0.165	0.1636	0.1613	0.007654338
5	0.1904	0.1862	0.1837	0.1803	0.1781	0.176	0.1741	0.1712	0.1695	0.1664	0.1643	0.1609	0.1589	0.1553	0.00766934
6	0.1852	0.1806	0.1784	0.1749	0.1726	0.1696	0.1677	0.1646	0.1626	0.1588	0.1564	0.1524	0.1504	0.1476	0.008413217
7	0.1905	0.1856	0.1832	0.1798	0.1776	0.1748	0.1729	0.169	0.1666	0.1625	0.1612	0.1583	0.1559	0.1525	0.008827262
8	0.1725	0.1683	0.1661	0.1624	0.1601	0.1575	0.1556	0.1521	0.1500	0.146	0.1443	0.1415	0.1395	0.1362	0.008454479
9	0.1833	0.1769	0.1745	0.1714	0.1691	0.1661	0.1646	0.1615	0.1593	0.1564	0.1544	0.1505	0.1485	0.1440	0.008399927
10	0.1755	0.1711	0.1685	0.1651	0.1628	0.1602	0.1575	0.1547	0.1537	0.1511	0.1487	0.1453	0.1434	0.1404	0.008041807
11	0.1944	0.1896	0.1872	0.184	0.1817	0.1788	0.1768	0.1735	0.1715	0.1676	0.166	0.1629	0.1605	0.1579	0.00848259
12	0.2022	0.1977	0.195	0.1915	0.1891	0.1864	0.185	0.1817	0.1803	0.178	0.1759	0.1726	0.1716	0.1691	0.00791601
13	0.1824	0.1778	0.1753	0.172	0.1696	0.1670	0.1654	0.1628	0.1618	0.1572	0.1552	0.1505	0.1488	0.1459	0.007834121
14	0.2138	0.2092	0.2067	0.2032	0.2009	0.1973	0.1953	0.1914	0.1898	0.1858	0.1838	0.1799	0.1779	0.1742	0.009041165
15	0.1911	0.1866	0.1842	0.1809	0.1783	0.1749	0.1733	0.1704	0.1686	0.1659	0.1636	0.1603	0.1582	0.1546	0.008255476
16	0.1883	0.1784	0.1761	0.1728	0.1704	0.1674	0.1651	0.1618	0.1600	0.1571	0.1561	0.1536	0.1516	0.1483	0.009512588
17	0.1774	0.1629	0.1606	0.1571	0.1548	0.1516	0.1502	0.1469	0.1449	0.1416	0.1396	0.1368	0.1355	0.1315	0.010442222
18	0.2122	0.2074	0.2051	0.2018	0.1995	0.1959	0.1939	0.1906	0.1896	0.1856	0.1836	0.1803	0.1783	0.1754	0.00854494
19	0.2083	0.1934	0.1911	0.1876	0.1851	0.1822	0.1806	0.1773	0.1761	0.1731	0.1712	0.1684	0.166	0.1623	0.010341051
20	0.1864	0.1718	0.1695	0.1662	0.164	0.161	0.1595	0.1566	0.1546	0.1507	0.1486	0.1446	0.1430	0.1397	0.010257469
21	0.1793	0.1719	0.1692	0.1657	0.1634	0.1606	0.1585	0.1551	0.1526	0.1497	0.1474	0.144	0.1414	0.1377	0.009205433
22	0.1918	0.1771	0.1749	0.1713	0.169	0.1666	0.1642	0.1608	0.158	0.1543	0.1522	0.1483	0.1457	0.1426	0.010843739
23	0.2045	0.1996	0.1972	0.1936	0.1914	0.1879	0.1855	0.1818	0.1792	0.1761	0.1739	0.1711	0.169	0.1657	0.009249
24	0.1789	0.1743	0.1718	0.1686	0.1663	0.1635	0.1612	0.1585	0.1564	0.1531	0.151	0.1471	0.1448	0.1414	0.008262526
25	0.2163	0.2122	0.2096	0.2061	0.2037	0.1997	0.1974	0.1941	0.1921	0.1882	0.1856	0.1818	0.1796	0.1759	0.009209078
Promedio	0.190132	0.183552	0.181168	0.177864	0.175548	0.172608	0.170648	0.167504	0.165668	0.162352	0.160396	0.1571	0.155176	0.15202	0.008713604

# de muestras	PUPA TESTIGO														
	PESO x IRRADIACION														
	día 1		día 2		día 3		día 4		día 5		día 6		día 7		
	Tx		Tx		Tx		Tx		Tx		Tx		Tx		
	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	antes	Después	
1	0.2116	0.2114	0.2093	0.2084	0.2025	0.2009	0.1967	0.1959							
2	0.1860	0.1821	0.1737	0.1723	0.1657	0.1643	0.1599	0.1590							
3	0.1911	0.1861	0.1765	0.1746	0.1676	0.1661	0.1605	0.1505							
4	0.1689	0.1671	0.1665	0.1663	0.1635	0.1626	0.1601	0.1591							
5	0.2232	0.2229	0.2204	0.2195	0.2164	0.2154	0.2122	0.2112							
6	0.1953	0.1949	0.1930	0.1922	0.1895	0.1886	0.1860	0.1860							
7	0.1907	0.1895	0.1870	0.1862	0.1827	0.1821	0.1788	0.1780							
8	0.1928	0.1920	0.1892	0.1885	0.1846	0.1842	0.1801	0.1795							
9	0.1481	0.1446	0.1384	0.1372	0.1317	0.1298	0.1180	0.1080							
10	0.2252	0.1953	0.1747	0.1693	0.1530	0.1493	0.1362	0.1357							
11	0.1589	0.1577	0.1523	0.1504	0.1441	0.1421	0.1358	0.1349							
12	0.1889	0.1878	0.1842	0.1834	0.1794	0.1499	0.1452	0.1447							
13	0.1910	0.1901	0.1869	0.1856	0.1821	0.1806	0.1765	0.1755							
14	0.1939	0.1928	0.1888	0.1879	0.1846	0.1839	0.1806	0.1795							
15	0.1589	0.1561	0.1529	0.1525	0.1504	0.1497	0.1448	0.1438							
16	0.2048	0.2029	0.1990	0.1977	0.1942	0.1934	0.1906	0.1899							
17	0.1889	0.1878	0.1847	0.1837	0.1812	0.1807	0.1785	0.1775							
18	0.1470	0.1464	0.1438	0.1431	0.1406	0.1394	0.1351	0.1341							
19	0.1671	0.1653	0.1600	0.1585	0.1533	0.1517	0.1470	0.1464							
20	0.2113	0.2085	0.1991	0.1970	0.1886	0.1864	0.1798	0.1790							
21	0.1956	0.1942	0.1907	0.1899	0.1867	0.1861	0.1837	0.1830							
22	0.1495	0.1464	0.1352	0.1323	0.1183	0.1142	0.1032	0.1025							
23	0.1547	0.1530	0.1466	0.1445	0.1369	0.1351	0.1288	0.1280							
24	0.1969	0.1940	0.1865	0.1847	0.1788	0.1776	0.1730	0.1650							
25	0.1282	0.1269	0.1220	0.1208	0.1163	0.1146	0.1090	0.1081							

**Anexos 5. Tabla ejemplo para la toma de datos de la fase adulto.**

<b>Población de adultos: 200 Tratamiento:100 Testigo: 100 / M : Mortalidad S: Supervivencia</b>						
<b>Repetición</b>	<b>ADULTO TRATAMIENTO</b>			<b>ADULTO TESTIGO</b>		
<b>Semana</b>	<b>M</b>	<b>S</b>	<b>MASA DE HUEVO</b>	<b>M</b>	<b>S</b>	<b>MASA DE HUEVO</b>
<b>DIA 1</b>						
<b>DIA 2</b>						
<b>DIA 3</b>						
<b>DIA 4</b>						
<b>DIA 5</b>						
<b>DIA 6</b>						
<b>DIA 7</b>						
<b>total</b>						

**Prueba T-student para la fase Pupa.**



**Prueba T para las cuatro repeticiones del peso de Pupa (General).**

**Estadísticos de muestras relacionadas**

	Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media
Par 1 periantes	,170026	700	,0208216	,0007870
PDESPUES	,166662	700	,0202294	,0007646

**Prueba de muestras relacionadas**

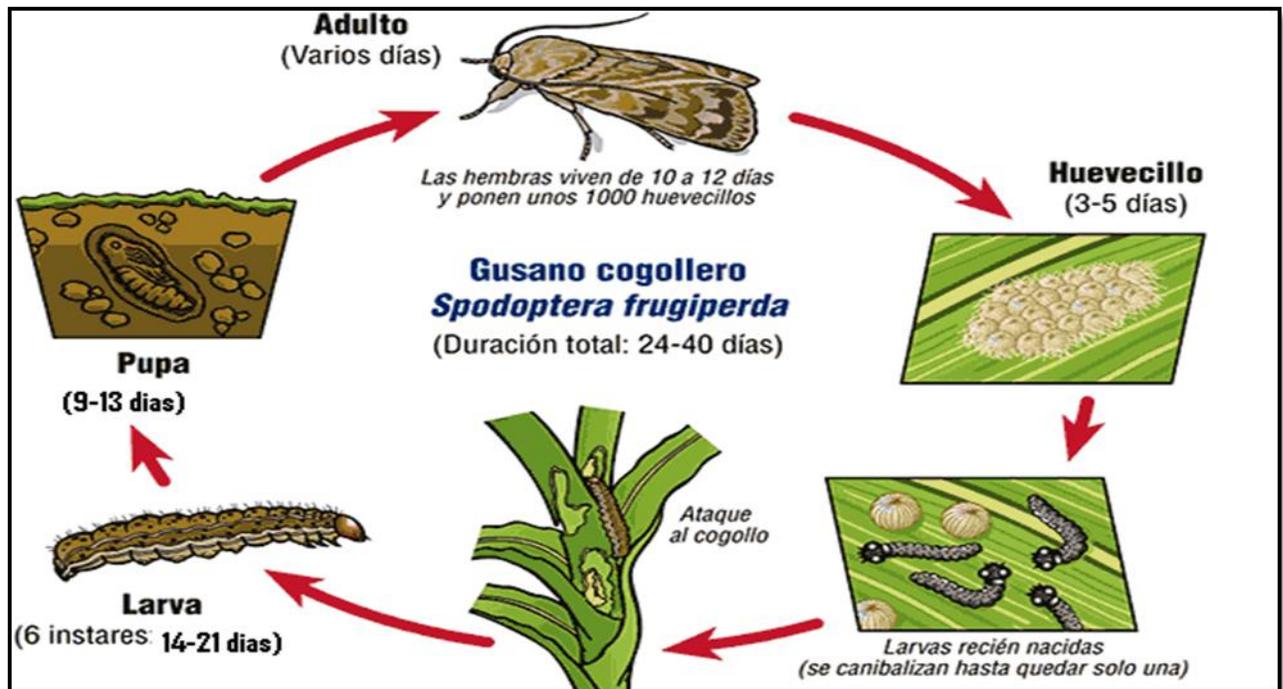
	Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par 1 periantes - PDESPUES	,0033639	,0020698	,0000782	,0032103	,0035175	42,999	699	,000

**Prueba T para las cuatro repeticiones del peso de Pupa (Individual)**

**Prueba de muestras relacionadas**

REPLICA	Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
				Inferior	Superior			
1 Par 1 periantes - PDESPUES	,0025126	,0028793	,0002177	,0020830	,0029422	11,544	174	,000
2 Par 1 periantes - PDESPUES	,0041663	,0016017	,0001211	,0039273	,0044053	34,411	174	,000
3 Par 1 periantes - PDESPUES	,0031000	,0010701	,0000809	,0029403	,0032597	38,322	174	,000
4 Par 1 periantes - PDESPUES	,0036766	,0019143	,0001447	,0033910	,0039622	25,407	174	,000

## CICLO DE VIDA DE LA *Spodoptera frugiperda*



FUENTE: Joseph L. – 2ª Ed- 1998

## ANEXOS 6. FOTOGRAFIAS



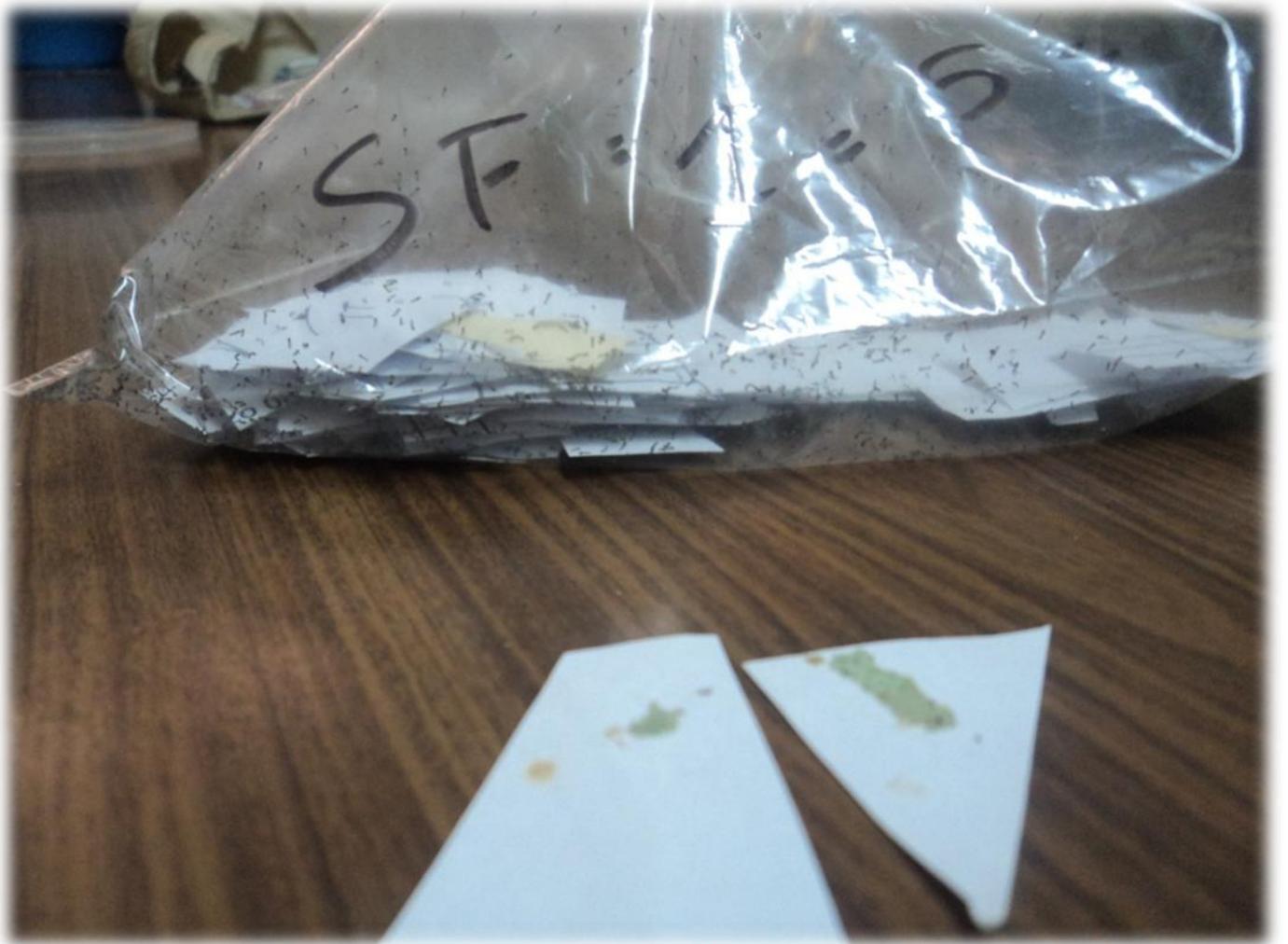
**Foto 1.** Aparato emisor de ondas ultrasónicas, utilizado para la irradiación en el insecto *S. frugiperda*.



**Foto 2.** Fase Pupas del tratamiento siendo irradiadas por el aparato emisor de ondas ultrasónicas.



**Foto 3.** Pupa del tratamiento muerta, causado por el emisor de ondas ultrasónicas.



**Foto 4.** Fase larva estadio L1, para tratamiento de irradiación de ondas ultrasónicas.



**Foto 5.** Fase huevo coloración verde, después de la irradiación de ondas ultrasónica.