

2eji 183



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE CIENCIAS

EFFECTOS DE LAS MICROONDAS EN ADULTOS DEL PICUDO DEL MAIZ Sitophilus zcamais Motsch, (COLEOPTERA-CURCULIONIDAE).

T E S I S

Que para obtener el Título de
B I O L O G O
P r e s e n t a

RAUL GUILLERMO TORRES JARDON

México, D. F.

Noviembre 1984



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

C O N T E N I D O

- Resumen.
- I. Introducción.
 - I.1. Generalidades.
 - I.1.1. Plagas de los granos almacenados.
 - I.1.2. Insectos daños e importancia.
 - I.1.3. Fuentes de infestación.
 - I.1.4. Tipos de plagas de insectos.
 - I.1.5. Principales especies de insectos plaga.
 - I.2. Generalidades de Sitophilus zeamais Motsch.
 - I.2.1. Clasificación de Sitophilus zeamais Motsch.
 - I.2.2. Descripción de Sitophilus zeamais Motsch.
 - I.2.3. Ciclo de vida.
 - I.2.4. Características Etológicas.
 - I.2.5. Identificación de Sitophilus zeamais Motsch.
 - I.3. Las Microondas.
 - I.3.1. Generalidades sobre el espectro electromagnético.
 - I.3.2. Generalidades sobre las microondas.
 - I.3.3. Efectos de las microondas en sistemas biológicos.
 - I.3.4. Antecedentes en el control de insectos por medio de microondas en granos almacenados.
- II. Material y Métodos.
- III. Resultados.
- IV. Discusión.
- V. Conclusiones.
- VI. Bibliografía.

R E S U M E N

Sitophilus zeamais M. es un insecto que ataca los granos en el almacén, constituyendo una de las principales plagas de estos productos.

Adultos de Sitophilus zeamais M. se sometieron a la irradiación de microondas en diferentes intervalos de tiempo. La supervivencia de ellos disminuyó conforme se aumentó el tiempo de exposición. El 0% de supervivencia se alcanzó a los 50 segundos. Las dosis letales se calcularon a los 10, 20 y 30 días. Los resultados muestran que las microondas pueden ser utilizadas para el control de plagas de insectos de granos almacenados.

I. INTRODUCCION.

De los factores que integran la problemática de un país, el aspecto alimenticio es de relevante importancia - por las repercusiones que causa en la vida de sus habitantes. Un grave problema nacional que no hemos podido solucionar en forma satisfactoria, consiste en el bajo nivel nutricional de la gran mayoría del pueblo mexicano, situación que constituye la evidencia más cruel de su miseria y es el principal problema de salud pública.

Dadas las condiciones económicas actuales a nivel nacional y aunado a esto entre otras causas la presión demográfica, la limitación de las superficies laborales y los bajos rendimientos de muchos cultivos, el problema -- tiende a agravarse; estos factores aunados a la inflación, provocan la escasez así como la especulación con los alimentos y el encarecimiento de los mismos.

Ante esta situación, es imprescindible que el mexicano sea más eficiente en el incremento y conservación de los productos agropecuarios, dando prioridad en lo que -- respecta al fomento de los productos básicos para el consumo de la población.

I.1. GENERALIDADES

Los productos proporcionados por los cereales han constituido la base alimentaria en América Latina, desde México, hasta la Zona Andina a través de la historia. Pero hoy en día existe una escasez relativa de estos productos ya que existe una fuerte competencia por los granos disponibles, entre su uso para el consumo humano directo y como alimento para el ganado y las aves de corral, competencia que merma más las disponibilidades para el consumo tradicional de los grupos marginados, por los que ha sido necesario que cada vez se abran nuevas áreas a la siembra de cereales. Sin embargo, desde el momento en que se empieza a formar el grano, durante su recolección y hasta su almacenamiento, los granos son atacados por una serie de plagas que causan pérdidas considerables en calidad y cantidad. Estimaciones hechas indican que estas pérdidas ocasionadas por plagas y el costo de los medios empleados para combatirlos, ascienden a miles de millones de pesos anuales, ello sin contar el esfuerzo humano que esta lucha requiere.

1.1.1. Plagas de los granos almacenados.

Las plagas que merman y destruyen los granos y semillas contenidos en almacenes, así como en molinos y silos son cuatro, las cuales pueden atacar individualmente o en conjunto estas son: Insectos, Microorganismos, Roedores y Aves.

1.1.2. Insectos, daños e importancia.

De los cuatro tipos de plagas mencionadas, los insectos son tal vez los de mayor importancia en la pérdida de granos tanto en el campo como en el almacén, la cuál se acentúa más en las áreas tropicales y subtropicales -- donde las condiciones ecológicas tanto de temperatura y humedad influyen directamente en la rapidez de multiplicación de los insectos.

Los insectos ocasionan dos tipos de daños a los granos y semillas, el daño principal consiste en la destrucción y en el consumo parcial o total del grano por los adultos y/o sus estados larvarios con fines alimenticios y de oviposición, además de la contaminación que ocasionan sus excrementos junto con los cuerpos de los insectos muertos. El otro daño, es el producido por la condición

anormal del grano mismo, debido a la modificación de su metabolismo por efecto de la actividad de los insectos -- dentro de éste, propiciando el aumento del contenido de humedad lo cual favorece el desarrollo rápido de los hongos (Christensen 1963).

Los granos dañados son susceptibles a posteriores infestaciones por otros microorganismos y se ha encontrado que algunos insectos de granos almacenados pueden ser portadores de ácaros, bacterias, micotoxinas y virus, capaces de afectar al hombre y/o a sus animales domésticos. (Ramírez M. 1981).

Estos daños mencionados demeritan considerablemente el poder germinativo de las semillas, y afectan el valor económico y la calidad alimenticia de los granos, convirtiéndolos en poco adecuados para el consumo humano.

I.1.3. Fuentes de Infestación.

Dentro de los estudios realizados con el fin de conocer los medios de infestación de los granos y semillas en los silos y bodegas, se revela que la fuente principal de contaminación, es producida por la llegada de grano previamente infestado con insectos, los cuales rápidamente pasan a invadir el material sano almacenado; algunas otras

veces el grano es infestado en el campo antes de que sea recogida la cosecha. Estimaciones hechas reportan que cerca del 100% de los graneros del campo se encuentran infestados por diferentes especies de insectos, los cuales son albergados durante mucho tiempo y rara vez son eliminados por el agricultor (Cotton, 1941). Otras fuentes importantes de infestación están relacionadas con los medios de transporte utilizados en el flete de los productos del campo hasta las bodegas.

I.1.4. Tipos de plagas de insectos.

Las plagas de insectos que atacan a los productos almacenados se identifican como plagas primarias y plagas secundarias. Las plagas primarias abarcan a todos aquellos insectos que tienen la capacidad de romper la testa de la semilla para llegar hasta el endospermo del cual se alimentan, estos insectos son los que más daño ocasionan a los granos en el almacén, y su actividad destructiva da el paso a la existencia de plagas secundarias, las cuales están constituidas por insectos que no tienen la capacidad de principiar un ataque como lo hacen los insectos primarios, pero atacan el grano que pudo haber sido maltratado por una plaga primaria o por el manejo mecánico del hombre (Ramírez, G.M.; 1979).

1.1.5. Principales Especies de Insectos Plaga

Existen alrededor de 300 especies de insectos asociados con los granos almacenados; pero generalmente son consideradas 16 especies con distribución cosmopolita con importancia económica primordial. Se estima que existen 50 especies de importancia económica secundaria y aproximadamente 250 especies de importancia económica ocasional (Ramírez, G.M. 1979).

Los órdenes Coleóptera y Lepidóptera, agrupan a los insectos de mayor importancia económica, a continuación se presenta una lista de las principales especies del orden Coleóptera que atacan a los granos.

ESPECIE	NOMBRE COMUN
<u>Acantocelides obtectus</u> (Say)	(Gorgojo del Frijol)
<u>Araecerus fasciculatus</u> (De Geer)	(Gorgojo del Café)
<u>Caryedon serratus</u> (Olivier)	(Gorgojo del Cacahuate)
<u>Cathartus quadricollis</u> (Guer-Men)	(Gorgojo de Cuello Cuadrado)
<u>Lasioderma serricorne</u> (Fabricius)	(Escarabajo del Tabaco)
<u>Orizaephilus mercator</u> (Fauvel)	(Gorgojo Mercante de los Granos)
<u>Orizaephilus surinamensis</u> (Linneo)	(Gorgojo del Tórax aserrado)
<u>Pharaxonotha kirschi</u> (Reitter)	(Escarabajo Mexicano de los Granos)
<u>Prostephanus truncatus</u> (Horn)	(Barrenador Grande de los Granos)
<u>Rhizopertha dominica</u> (Fabricius)	(Barrenador Pequeño de los Granos)

<u>Sitophilus granarius</u> (Linneo)	(Gorgojo Granario)
<u>Sitophilus oryzae</u> (Linneo)	(Gorgojo del Arroz)
<u>Sitophilus zeamais</u> (Motschulski)	(Gorgojo del Maíz)
<u>Stegobium paniceum</u> (Linneo)	(Escarabajo de las Boticas)
<u>Tenebrio molitor</u> (Linneo)	(Gusano Amarillo de la Boticas)
<u>Tenebroides mauritanicus</u> (Linneo)	(Gorgojo Aplanado de los Granos)
<u>Tribolium castaneum</u> (Herbst)	(Gorgojo Castaño de la harina)
<u>Tribolium Confusum</u> (Duval)	(Gorgojo confuso de la harina)
<u>Trogoderma granarium</u> (Everst)	(Gorgojo Khapra)
<u>Zabrotes subfasciatus</u> (Boheman)	(Gorgojo Mexicano del Frijol)

En el orden Lepidóptera son consideradas cuatro especies económicamente importantes:

ESPECIE	NOMBRE COMUN
<u>Ephestia Kieniella</u> (Zetler)	(Palomilla de los Molinos)
<u>Ephestia elutella</u> (Hubner)	(Palomilla del Tabaco)
<u>Plodia interpunctella</u> (Hubner)	(Palomilla India de la Harina)
<u>Sitotroga cerealella</u> (Olivier)	(Palomilla Dorada de los Cereales)

Este número relativamente pequeño de especies dañinas en comparación con la proporción existente de insectos, resulta de gran importancia económica, como se ha --

mencionado cuando se considera su gran capacidad para resistir medios con condiciones de temperatura y humedad extremas, la capacidad de reproducirse rápidamente en muy corto tiempo y su gran poder de dispersión, factores importantes que influyen para que estos insectos desarrollen poblaciones enormes que acentúan y determinan las pérdidas de los granos tanto en el campo como en el almacén.

La necesidad de proteger a los granos almacenados y sus productos contra el ataque de los insectos ha constituido un problema difícil, el cual en la actualidad está recibiendo mayor atención en virtud de las grandes cantidades de granos alimenticios que son producidos para satisfacer las necesidades de una población; de ahí la gran importancia de guardarlos libres de estas plagas.

1.1.6. Métodos de control de plagas.

A través de muchos años, el hombre ha desarrollado y utilizado diversos métodos para tratar de conservar los productos obtenidos de su agricultura exentos de plagas de insectos.

La base fundamental para combatir plagas, es el conocimiento de los métodos de prevención a los cuales se les conoce como combate "Indirecto", por ejemplo, los factores

físicos, químicos o bióticos que sean favorables a su abundancia e incremento.

El llamado combate "directo" es en el que se lleva a cabo la destrucción de plagas mediante procedimientos químicos, biológicos, mecánicos y/o físicos (Ramírez, M. 1981) los cuales se presentan a continuación.

a) Combate Químico.- Consiste en la eliminación de organismos nocivos por medio del uso de sustancias que causan toxicidad, atracción o repulsión. Estos materiales químicos pueden actuar sobre el sistema nervioso, produciendo efectos tóxicos en los procesos de transmisión de los impulsos nerviosos, o pueden alterar los procesos nutricionales y el desarrollo del insecto, como los son algunos antimetabolitos los cuales interrumpen los procesos de asimilación. Ciertos compuestos hormonales intervienen en el desarrollo normal o en las funciones endócrinas del insecto. Existen otras sustancias que actúan como disuasivos de la alimentación interfiriendo en la ingestión de los alimentos.

Dentro de los materiales que se emplean en el combate químico se encuentran los insecticidas y los fumigantes, estos materiales son la primera línea de defensa en el control de plagas de insectos por ser muy efectivos.

Sin embargo, existen ciertas limitaciones en su uso, pues se ha descubierto que los insectos han desarrollado resistencia a estos productos y sus residuos, así como -- por ser contaminantes del medio ambiente.

De acuerdo a datos obtenidos por la Organización -- Mundial de la Salud, en muchos países, uno de los problemas de salud pública en la actualidad es el envenenamiento de campesinos por la acción de plaguicidas. La Organización Mundial de la Salud estima que cada año ocurren al rededor de medio millón de estos envenenamientos, alcanzan do una proporción alarmante en los países del tercer mundo, cuya población rural pobre es la más afectada por su inexperiencia en el manejo de sustancias tóxicas.

En México para combatir insectos plaga en granos al macenados, se utilizan los siguientes productos químicos; Bromuro de metilo (CH_3Br) su penetrabilidad le permite -- que se use en una amplia variedad de materiales, su dosificación es bastante baja ya que se utilizan de 30 a 40 - gr. de (CH_3Br) por cada tonelada de producto o grano, no obstante se ha visto que afecta el sistema nervioso del - hombre aún en bajas concentraciones. (Cremlyn, R. 1982).

Otro de los fumigantes utilizados en nuestro país - es el fosfuro de hidrógeno (H_3P) el cual es utilizado en

dosis de 0.6 gr. por cada tonelada de alimento; la fosfina es un gas tóxico producido por el fosforo de hidrógeno y es la que aniquila los insectos, este producto es muy inflamable.

b) Combate Biológico.- Este control de insectos plaga continúa en vías de estudio y consiste en la eliminación de insectos mediante el uso de depredadores naturales como lo son: chinches de la Familia Antocoridae, parásitos como ácaros e himenopteros y patógenos como bacterias, protozoarios, virus y nemátodos, discutiéndose aún su empleo.

La investigación sobre nuevas variedades de semillas resistentes al ataque de insectos continúa siendo importante, analizándose nuevos factores ya no relacionados con la preferencia del insecto por determinada variedad, sino cuales son los factores químicos de la resistencia, se ha encontrado que algunos aminoácidos y ácidos grasos de semillas tienen un papel importante en la atracción o repulsión hacia los insectos que atacan los granos en el almacén.

Los parámetros físicos como lo son la dureza del grano, grosor del pericarpio y humedad, también intervienen, pues existe una correlación directa entre la dureza y la resistencia con la variedad de ataque de los insectos.

c) Combate Mecánico.- Dentro de los métodos utilizados desde hace mucho tiempo se encuentra el combate mecánico, que tal vez es el método más antiguo, y se basa en los principios de remoción y destrucción directa por medio de la labor manual como puede ser el cribado, tamizado o selección de granos.

Estos procesos tienen la ventaja de no dejar ningún tipo de residuo tóxico, pero presenta el inconveniente de no ser muy eficiente, además de que su aplicación debe -- ser muy frecuente.

d) Combate Físico.- En este método de control se -- pueden mencionar la temperatura, la humedad, el sonido, -- la energía de radio frecuencia, la energía radiante visible, las radiaciones ionizantes, trampas de luz y choques térmicos. Dentro de los métodos de combate físico que actualmente se utilizan en diferentes países destacan, el -- almacenamiento hermético de diversos tipos introduciendo aire frío para lo cual se aprovecha la temperatura del -- aire nocturno, tiene un costo bajo y ha demostrado ser -- efectivo, este sistema se lleva a cabo a nivel comercial, aplicándose en grandes almacenamientos y se está ensayando a nivel de almacenamiento rural. Otro de los métodos es el uso de atmósferas controladas, en donde por medio de

generadores de gases se producen atmósferas bajas en O_2 ó enriquecidas en CO_2 ó atmósferas con diferentes concentraciones de nitrógeno, o una combinación de ellos. Este método permite el control de insectos y previene su entrada al almacén, sin embargo existe el problema de la migración de la humedad por lo que su estudio continúa.

En las últimas tres décadas se ha hecho gran énfasis y se han desarrollado grandes estudios y descubrimientos en el empleo de radiaciones de alta energía para el control de insectos de granos almacenados como lo son: el uso de rayos ultravioleta, rayos X, radiaciones gamma, radiaciones de infrarrojo, luz laser y otros tipos de energía. Estos métodos para combatir plagas por medio de radiaciones ionizantes presenta las ventajas de desarrollar su efecto sobre todo los estados de desarrollo de los insectos, sin dañar significativamente el grano, las radiaciones pueden preservar los alimentos por inhibición (retardo en su metabolismo o en su grado de reproducción), y pueden provocar la destrucción de los organismos, con aumento de temperaturas internas de pocos grados. Sin embargo tienen el inconveniente de requerir personal capacitado, alta tecnología y equipo costoso. No obstante a esto muchos de estos métodos ya se han empleado a nivel industrial con resultados bastante satisfactorios.

El propósito de este trabajo es el de preservar los granos almacenados libres de plagas de insectos por medio de un método físico que sea efectivo y que no requiera de altos costos y tecnología sofisticada. El método que se expone es el uso de la energía de microondas con la finalidad de controlar a estos insectos selectivamente sin el riesgo de dañar el grano o semilla con el objeto de limitar el uso de los productos químicos, lo que puede significar; eliminar los residuos tóxicos en los granos y semillas, menores peligros de contaminación ambiental así como del personal encargado de esta tarea y reducir la posibilidad de que surjan cepas de plagas resistentes.

El organismo utilizado en este trabajo es un insecto conocido con el nombre de "Gorgojo del Maíz" y su nombre científico es Sitophilus zeamais Motsch.

Fue seleccionado este organismo por su gran importancia económica, ya que constituye muy posiblemente una de las especies más destructoras de los granos en el mundo y se identifica dentro de insectos que atacan preferentemente al maíz, aunque se ha visto que también afecta otros productos.

1.2. GENERALIDADES DE Sitophilus Zeamais Motsch.

Sitophilus zeamais M. Se ubica dentro de las plagas primarias, ya que al desarrollar su ataque es capaz de romper la testa del grano ó semilla y consumir el interior hasta dejar solamente la cubierta o cáscara. Es un insecto cosmopolita y en las regiones tropicales y semi-tropicales aparece en el campo, tan pronto como la mazorca se encuentra alcanzando su madurez fisiológica.

1.2.1. Clasificación de Sitophilus Zeamais Motsch.

Reino.....	Animal
Phylum.....	Artrópoda
Subphylum.....	Mandibulata
Clase.....	Insecta o Hexapoda
Orden.....	Coleóptera
Suborden.....	Polyphaga
Familia.....	Curculionidae
Género.....	<u>Sitophilus</u>
Especie.....	<u>S. Zeamais</u> Motsch

1.2.2. Descripción de Sitophilus zeamais Motsch.

El organismo adulto de Sitophilus zeamais M. mide aproximadamente de 2.5 mm. a 4.5 mm. de longitud; su color

es pardo obscuro y va pronunciándose de acuerdo a la madurez del organismo. Su cuerpo tiene una forma cilíndrica, su cabeza se prolonga con un pico delgado que lleva un par de mandíbulas, las antenas son acodadas y tienen forma de maza (Fig. 1), el tórax se encuentra densamente marcado por fosetas a manera de puntos grabados en forma redonda, los élitros presentan en sus ángulos exteriores cuatro manchas de color naranja, las alas metatorácicas son membranosas y funcionales.

La larva es un pequeño gusano de color blanco perlado que mide aproximadamente de 2.5 a 2.75 mm. de largo, su cuerpo es muy grueso y su cabeza es pequeña de color café rojizo claro más larga que ancha, ventralmente es casi recta y dorsalmente muy convexa. (Fig. 2)

La prepupa presenta un cuerpo elongado el cual se puede distinguir por la extensión de la cabeza y de los distintos segmentos del cuerpo, ensanchándose hacia la parte del torax.

La pupa es de color blanco pálido, la cabeza es redonda y la proboscis tiene dos espinas y es larga y delgada, las patas se encuentran dobladas hacia el cuerpo y con las alas cubriendo a éste, el abdómen tiene nueve segmentos, el noveno segmento soporta dos espinas pleurales prominentes.

El huevo es de color blanco opaco y tiene forma -- ovoide, ensanchándose en la parte media hacia abajo con -- el fondo redondeado, su tamaño es aproximadamente de 0.25 a 0.33 mm. de largo.

1.2.3. Ciclo de vida de Sitophilus zeamais Motsch.

Sitophilus zeamais M. es un insecto holometábolo es decir que tiene cuatro estados en su metamorfosis que son: huevecillo, larva, pupa y adulto, también existe un estado prepupal.

Estos insectos no se han encontrado reproduciéndose en el campo, y lo hacen solamente donde hay granos almacenados.

Las hembras excavan una cavidad dentro del grano -- con ayuda de su aparato masticador depositando un solo -- huevecillo en cada cavidad, posteriormente llenan la cavidad con una substancia o secreción gelatinosa, la cual ni velan hasta dejarla al ras de la superficie del grano.

Los huevos eclosionan en pocos días y el número -- de estos depositados por las hembras varía de 100 a 150 -- durante toda la vida del insecto, las larvas nacen dentro del grano y crecen ahí alimentándose del mismo, pasando --

por cuatro estadios. La pupación generalmente tiene lugar dentro del grano, permaneciendo ahí hasta que emerge el nuevo adulto.

Condiciones ideales de desarrollo

	Mínima	Optima	Máxima
Humedad Relativa	45%	70%	100%
Temperatura	17°C	23°C	34°C

El ciclo de vida de este insecto en condiciones óptimas tiene una duración desde la oviposición hasta la emergencia del adulto de 33 a 45 días.

La duración del estado de huevo termina al emerger la larva y se desarrolla durante un lapso de 4 a 10 días; los cuatro estadios larvales se desarrollan en la siguiente forma: El primer estadio tiene una duración de 3 a 5 días, el segundo estadio presente una duración de 3 a 5, la duración del tercer estadio varia de 3 a 6 días y el cuarto estadio presenta una duración que fluctúa de 4 a 7 días.

La prepupa tiene una duración aproximada de un día; la pupa permanece en este estado de 4 a 8 días y en el de adulto pre-emergente de 4 a 10 días.

1.2.4. Características Etológicas

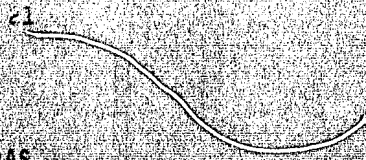
Estos insectos presentan una actividad de vuelo más pronunciada que las otras dos especies del Genero Sitophilus (S. Oryzae y S. Granarius), si se les molesta se activan mucho y se muestran inquietos, por lo general rehuyen a la luz intensa. Los adultos pueden atacar los granos en grupos de 4 ó 7 individuos prefiriendo los granos en los cuales no se haya depositado algún huevo.

Sadredcing Sharifi y Robert B. Mills (1971). Realizaron estudios radiográficos en granos que estaban infestados por Sitophilus zeamais M. encontrando que el 72% de los huevos son depositados en el endospermo, 21% en el --perimetro del gérmen y el 7% en el gérmen.

1.2.5. Identificación de Sitophilus zeamais M.

Floyd y Newson (1955) realizaron estudios para encontrar características externas confiables para lograr separar Sitophilus zeamais Motschulsky 1855 de Sitophilus oryzae (Linnaeus) 1763 y encontraron que las hembras se pueden diferenciar por la figura en forma de "Y" en el octavo esclerito del sternum, pues las extremidades de la rama en la figura son delgadas en Sitophilus oryzae y de forma redonda en Sitophilus zeamais. Otras características

que facilitan su identificación actualmente, son las fose-
tas que se encuentran sobre el pronoto y que son en forma
redonda en Sitophilus zeamais y en forma elíptica en Sito-
philus oryzae. La distancia existente entre cada una de
las fose-
tas pronotales son por lo general iguales y sin
una zona media libre de fose-
tas. En S. zeamais y en S. -
oryzae se encuentra una zona libre de fose-
tas. En S. zea-
mais se encuentran por lo general más de 20 fose-
tas pronotales a lo largo de la línea media del scutelum y en S. -
oryzae estas punturas son en número menor de 20. S. zea-
mais tiene por lo general un color oscuro más pronuncia-
do que S. oryzae.



1.3. LAS MICROONDAS.

1.3.1. Generalidades sobre el Espectro Electromagnético

El espectro electromagnético está constituido por varias clases de radiaciones, las cuales frecuentemente se muestran como diferentes tipos de energía (Fig.3). Todas estas radiaciones ondas de radio, microondas, infrarrojo, ultravioleta, rayos X y rayos γ son electromagnéticas por naturaleza y difieren una de otra únicamente por la longitud de onda y ciertas características, todas viajan a través del espacio libre a la velocidad de la luz. Para cada longitud de onda en particular existe una frecuencia de vibración asociada a los campos eléctricos y magnéticos, definidos por la ecuación,

$$V = C/\lambda$$

donde la V es la frecuencia en ciclos por segundos o hertz (Hz) C es una constante física fundamental (velocidad de la luz en el vacío) y λ es la longitud de onda.

La radiación sólo se absorbe o emite en unidades definidas llamadas fotones. La energía de los fotones es proporcional a la frecuencia de la radiación:

$$E = HV$$

Donde H es la constante de Planck'.

La energía del fotón y la frecuencia de una onda electromagnética son inversamente proporcionales a su longitud de onda. Así pues, a la longitud de onda más larga le corresponde el fotón de más baja energía, y a la longitud de onda más corta le corresponde el fotón de más alta energía.

La energía del espectro electromagnético puede ser medida en electronvolts (eV) o joules pero generalmente el (eV) es la unidad de energía empleada ordinariamente para describir los tipos más energéticos de radiación, como rayos X o ultravioletas. El electronvolt es la energía adquirida por un electrón al caer por un potencial de un voltio.

Las radiaciones que actúan mutuamente con la materia dando electrones y iones positivos (pares de iones) reciben el nombre de radiaciones ionizantes. La energía mínima de un fotón que produce ionización en el agua, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y carbono, se encuentra entre doce y quince electronvolts. Si se considera que estos átomos constituyen los elementos básicos de la materia viva entonces 12 eV pueden ser considerados como el límite más bajo para ionización en los sistemas biológicos, por lo cual toda energía que se encuentre por debajo de este límite, puede ser considerada desde el punto de vista biológico, como energía no ionizante.

Las radiaciones no ionizantes cuando son absorbidas por la materia, pueden producir un efecto termico o fotoquímico, debido a que la energía absorbida por las moléculas de la materia afectan los niveles energéticos de los electrones de los átomos o cambian las energías de rotación, vibración y de transición de las moléculas. Más comúnmente, la energía liberada en este proceso aparece en el sistema como calor, debido a que la absorción de la energía cambia la energía vibracional y rotacional e incrementa la energía cinética de las moléculas. Pero, en ciertos casos, las moléculas excitadas pueden experimentar ciertos cambios químicos al absorber la energía (reacción fotoquímica).

I.3.2. Generalidades sobre las Microondas.

Las microondas son radiaciones electromagnéticas de ultra alta frecuencia entre aproximadamente 100 megahertz y 300 gigahertz.

Esta porción de radiaciones sobre el espectro ha sido extremadamente explorada en el desarrollo de radio comunicaciones, navegación productos comerciales etc.

Cuando esta energía es propagada se cataloga como: microondas continuas y microondas pulsadas. Las microon-

das continuas son las utilizadas en los instrumentos de transmisión de comunicaciones así como en los productos comerciales. Las microondas pulsadas han sido empleadas durante años en el campo médico, para calentamiento terapéutico de tejidos del cuerpo en la práctica de diatermia, así como en el equipo industrial y el radar.

La absorción de la energía de los microondas está en función de las propiedades dieléctricas y conductividad del medio que las absorbe así como de la salida de poder y frecuencia de la fuente de energía. Cuando las microondas son absorbidas por cualquier material, su energía es transformada en un aumento en la energía cinética de las moléculas, lo cual incrementa las colisiones entre las moléculas ayacentes produciendo un calentamiento general de todo el medio.

Las microondas no están consideradas como radiaciones ionizantes, puesto que la cantidad de energía de sus quantas es de 4×10^{-4} electronvolts (eV) a 1.2×10^{-6} electronvolts, lo que no es lo suficientemente grande como para provocar ionización de los tejidos (Baker, et al., 1956).

1.3.3. Efectos de las Microondas en Sistemas Biológicos.

La absorción de energía de microondas por los sistemas biológicos, va a depender del tamaño del cuerpo, de --

Las propiedades dielectricas de los tejidos (contenido de humedad y de ciertos aceites así como de la temperatura) y de la frecuencia.

Los efectos de las microondas en estos sistemas han sido clasificados como "efectos térmicos y efectos" no -- térmicos".

Los efectos térmicos han tenido gran investigación en tejidos biológicos, este efecto es producido por la -- transformación de la energía que penetra en los tejidos - en un incremento de la energía cinética de las moléculas produciendo consecuentemente un calentamiento general del medio. Este calentamiento es el resultado de la conducción iónica y de la vibración de las moléculas dipolares - de agua y proteínas. El poder de absorción de los tejidos puede producir un aumento de temperatura lo cual depende del mecanismo de enfriamiento del tejido. Los patrones de temperatura pueden ser modificados por las propiedades térmicas del tejido y mecanismos neurocirculatorios. Cuando la capacidad termoreguladora de un sistema biológico o parte de él es excedida, los tejidos son dañados y puede sobrevenir la muerte, esto ocurre cuando el - poder de absorción esta por encima del poder metabólico y del sistema para eliminarlo del cuerpo. Cuando la energía absorbida tiende a incrementarse los mecanismos de protec

ción que controlan el calor se averían, dando como resultado un incontrolado aumento de la temperatura.

La absorción en los sistemas biológicos puede ser no uniforme y es dependiente de las propiedades dieléctricas del tejido. La absorción es alta y de poca profundidad de penetración en tejidos con alto contenido de agua como los músculos, tejido nervioso, órganos internos y piel. Mientras que en los tejidos que contienen un bajo contenido de agua como lo son el tejido óseo y el grazo, la absorción es baja y la profundidad de penetración mayor. (Johnson and Guy 1972).

Los efectos no térmicos generalmente están relacionados con todos los sistemas de absorción que no tienen un incremento de temperatura, estos efectos son producidos por las fuerzas que actúan sobre partículas como almidón, leche eritrocitos o leucocitos (células sanguíneas), estas partículas se acomodan paralelamente a las líneas de fuerza eléctrica. La formación de estas cadenas es debida a la atracción entre las partículas. Para cada tipo de partícula hay un rango de frecuencia donde el efecto ocurre con el mínimo de intensidad. (Johnson and Guy 1972).

Algunos autores piensan que el aumento drástico en la temperatura de los sistemas biológicos ocasionado por las microondas, solo provoca la desnaturalización de sus

proteínas, pero varios investigadores creen que este razonamiento es demasiado simple y sugieren que lo más probable que puede ocurrir es que la actividad de los componentes metabólicos se alteren a causa de variaciones en velocidades de reacción y permeabilidad de la membrana, las cuales ya no pueden ser dirigidas por mecanismos de control endógeno y se interrumpe la actividad integrante. Cuando esto ocurre, se crean metabolitos tóxicos, los requerimientos energéticos no son satisfechos y tienen lugar procesos degenerativos irreversibles (Nat. Acad. Sci., 1969).

Experimentos realizados con energía electromagnética en animales de laboratorio reportan ciertos bioefectos los cuales están relacionados con; variaciones en la irrigación sanguínea del cerebro, velocidad del latido del corazón, hematopoyesis, secreción y producción de sustancias endócrinas y ciertos cambios de comportamiento. En humanos se han reportado daños como; afección de oídos y ojos, debilidad, dolor de cabeza y quemaduras hasta de -- cuarto grado.

I.3.4. Antecedentes en el control de insectos por medio de microondas en granos almacenados.

Las especies varían en su respuesta en el tratamien

to por medio de microondas, algunas especies son más susceptibles que otras y los estados de desarrollo de las mismas especies responden en forma diferente (Khitney et al., 1961).

Intentando explicar las diferencias de susceptibilidad entre los estados adulto e inmaduros, Headlee y Burdette (1929), examinaron varios factores y atribuyeron la diferencia de susceptibilidad a las diferencias de especialización del tejido nervioso. Frings (1952), sugirió que la diferencia del tamaño de los diversos estados de los insectos podría explicar la susceptibilidad de ellos a los campos eléctricos de alta frecuencia, puesto que las formas inmaduras son más pequeñas que los adultos, el grado de diferencias de calor deber ser consecuentemente menor. Machain, V. (1979), atribuye que la menor susceptibilidad a la energía de microondas de las larvas de Sitotroga cerealella en comparación con los adultos, es debida a que en este estado el alimento es transformado principalmente en tejido graso, el cual sirve como protección a la larva y debido a su menor contenido de agua, absorbe menor cantidad de energía, produciéndose en consecuencia un menor calentamiento.

Basados en los datos de mortalidad del estado adulto comparados entre varias especies de insectos en granos

almacenados tratados dentro del trigo, a una frecuencia de 39 Mhz y con un campo de intensidad de 3 KV/ pulgada³ - se muestra el siguiente rango de susceptibilidad en orden de menor a mayor resistencia "Gorgojo de los granos" Sitophilus granarius, "Escarabajo con diente de sierra" - Orizaephilus surinamensis, "Escarabajo rojo y confuso de la harina" Tribolium castaneum y Tribolium confusum, y pequeños "barrenadores de los granos" Rhizopertha dominica. (Whitney et al., 1961; Nelson et al., 1966).

El interés por aplicar la energía de microondas al control de plagas, abarca tratamientos de insectos así como de granos y productos almacenados.

Se ha tenido gran énfasis por conocer el efecto de la absorción de energía electromagnética por ciertos materiales para realizar ciertas combinaciones entre huéspedes e insectos y de esta forma ver si sus respectivas propiedades dieléctricas son favorables para absorciones selectivas de energía con el fin de aniquilar a los insectos infestantes sin dañar el grano o producto.

Nelson (1967) reportó que como la cantidad de energía que un material absorbe va a depender de sus características eléctricas y contenido de humedad, entonces, el calentamiento selectivo se consigue debido a la diferen-

cia en la velocidad de calentamiento entre los constituyentes de una mezcla de granos e insectos, en la que los insectos alcanzan más rápidamente una temperatura letal antes de que el grano sufra daño.

Machain, V. (1979) reportó el efecto sobre la viabilidad y germinación del maíz en el control de Sitotroga cerearella por medio de microondas, mostrando que los granos de maíz eran considerablemente afectados al ser expuestos a las microondas durante intervalos de tiempo mayores a 80 segundos ya que se obtenía un valor de cero -- tanto en el porcentaje de viabilidad como en el de germinación. En relación a exposiciones de 40 y 60 segundos observó un efecto dañino mayor sobre la germinación que sobre la viabilidad de las semillas de maíz.

Thomas (1952) y Nelson (1974), al realizar estudios para combatir insectos que infestan granos almacenados, -- concluyeron que los campos eléctricos de alta frecuencia tuvieron un alto potencial para controlar plagas, Thomas (1952) consideró que los costos podrían ser comparables -- con aquellos de los tratamientos convencionales tales como la fumigación con bromuro de metilo, pero Nelson (1974) opinó que los requerimientos de energía serían altos en -- costos y tal vez debido a esto el método de control de -- plagas por medio de microondas no se ha considerado comer

cialmente aceptable. Hurlock B. (1979) calculó que se podría construir una planta de microondas para operar a un costo de 1/2 libra por tonelada. Esta comparación es favorable con el costo de fumigación que es de (1/2 libra a 5 libras por tonelada dependiendo de la localización etc.). Así parece ser que el costo de control de plagas por medio de microondas no es tan alto como se había pensado probablemente en el pasado.

II. MATERIAL Y METODO

Este trabajo se llevó a cabo en el laboratorio de Entomología del Instituto de Biología de la U.N.A.M. El cual comenzó a desarrollarse con el incremento de los cultivos del material biológico necesario, dichos cultivos fueron preparados en cuatro frascos vitroleros con una capacidad de 3500 ml., los cuales tenían una tapa provista de malla de alambre fino; se utilizó como medio de cultivo maíz variedad cacahuazintle, el cual fue seleccionado por sus características físicas como es el hecho de que no es de consistencia dura y el pericarpio es delgado, lo que facilitaría el desarrollo del organismo. Fue necesario desinfectar los granos llevando a cabo el siguiente procedimiento: Por principio fué seleccionado el grano de apariencia sana no maltratado o quebrado, posteriormente se le colocó en congelación por espacio de 14 días a una temperatura entre -5°C a -10°C . Una vez transcurrido este tiempo fué sacado el grano y se sometió a un lavado total con detergente y enjuagado perfectamente al chorro de agua, para evitar la presencia de residuos tóxicos que pudieran haber quedado adheridos al grano, posteriormente fué expuesto a la acción de los rayos del sol para eliminar el exceso de agua hasta que alcanzó una humedad relativa entre el 11 y el 12%, la cual fué medida en un Stein

lite modelo RCT.B.

Una vez desinfectado el medio de cultivo fueron colocados 500 gr. de maíz dentro de cada frasco, y se procedió a seleccionar un total de 600 individuos jóvenes de Sitophilus zeamais M. los cuales fueron colocados dentro de cada frasco, en un número de 200 individuos por frasco, los cuales fueron proporcionados por la misma dependencia.

Posteriormente los frascos fueron etiquetados para tener un manejo e identificación fácil, con los siguientes datos: Género y especie del organismo, fecha de preparación del cultivo, y número de organismos introducidos.

Los cultivos se mantuvieron en las siguientes condiciones de temperatura y humedad ($29 \pm 4^{\circ}\text{C}$ y 60% de H.R.) dentro de una estufa de cultivo.

Una vez establecidos los cultivos, los cuales se mantuvieron en las condiciones mencionadas durante un lapso aproximadamente de 3 meses, se procedió a separar los organismos en bloques de 30 individuos, tomados al azar.

Para este trabajo se utilizó el diseño experimental de Bloques al Azar el cual consiste fundamentalmente en utilizar muestras de individuos de diferentes poblaciones, en este caso se utilizaron organismos adultos tomados de

Los cultivos preparados, y se colocaron en frascos de vidrio de 75 mm³, preparándose 5 frascos con 30 individuos para cada tratamiento 4 de tipo experimental y un testigo. Los frascos testigo tuvieron la misma manipulación que los experimentales, a excepción de la irradiación.

Este trabajo se desarrolló con organismos en estado adulto y se utilizaron dos grupos experimentales; el primer grupo experimental fué sometido a la irradiación de microondas sin medio de cultivo, mientras que el segundo grupo se sometió a la irradiación provisto de medio de cultivo.

El tratamiento de los organismos se llevó a cabo de la siguiente forma:

Para el primer grupo experimental los organismos fueron introducidos a los frascos momentos antes de la irradiación, después de lo cual se les colocó 10 gr. de maíz cacahuazintle previamente desinfestado para posteriormente introducirlos en una estufa de cultivo.

Al segundo grupo experimental se le preparó colocando a los organismos en frascos provistos con 10 gr. de maíz cacahuazintle, algunos de los cuales se encontraban quebrados, este procedimiento se llevó a cabo 48 horas an

tes de la irradiación con la finalidad de facilitar a los organismos la penetración al interior de los granos y de esa forma tener las condiciones más naturales.

Para llevar a cabo la irradiación de los organismos fue utilizado un Horno de Microondas de tipo comercial -- marca "Panasonic" modelo NE-5610 el cual tiene las especificaciones siguientes:

Fuente de poder _____ 115 Volts, 60 Hertz
 Potencia _____ (Máxima) 500 W-
 (Mínima) 245 W
 Frecuencia de operación _____ 2450 Megahertz
 Poder de consumo _____ 9.9 Amperes, 1120 Watts

Todas las muestras fueron colocadas en la parte central del horno, y se utilizó una frecuencia de operación de 2450 megahertz y una potencia de 500 watts.

Se llevaron a cabo 5 tratamientos los cuales estuvieron en función del tiempo de exposición a la fuente de microondas y fueron 10,20,30,40 y 50 segundos, para cada tratamiento se realizaron cuatro repeticiones y un testigo.

Durante el experimento se utilizaron 750 organismos para los 5 tratamientos del primer grupo experimental y - 750 organismos para el segundo grupo, lo que hace un to-

III. RESULTADOS

Por principio analizaremos las diferencias obtenidas entre los porcentajes de supervivencia de los organismos del lote testigo y los lotes de organismos tratados en el primer grupo experimental el cual se desarrolló sin medio de cultivo.

Durante la primer revisión la cual se efectuó a los diez días después del tratamiento (tabla # 1), la supervivencia máxima (98.30%) se encontró en los organismos tratados durante 10 segundos, observándose que la curva (gráfica # 1) es ligeramente más alta que la del testigo el cual obtuvo un valor de (97.50%); los organismos tratados durante 20 segundos mostraron un (96.60%) de supervivencia y su curva se encuentra ligeramente por debajo del testigo; los organismos tratados durante 30 segundos y 40 segundos tuvieron valores de (50.00%) y (36.70%) respectivamente, los cuáles fueron significativamente menores comparados con el testigo; la supervivencia mínima se obtuvo en los organismos del grupo tratado durante 50 segundos - la cual solamente alcanzó un valor de (0.03%) de supervivencia, siendo el valor más bajo en esta revisión.

A los veinte días después del tratamiento los organismos tratados durante 10 segundos presentaron un valor

de (97.50%) de supervivencia, manteniéndose su curva alta con respecto al testigo (94.60%); los organismos tratados durante 20 segundos (93.30%) mostraron su curva ligeramente por debajo del testigo al igual que en la revisión -- efectuada a los 10 días; mientras que los organismos tratados durante 30 segundos (46.50%) y 40 segundos (30%) de supervivencia, disminuyeron en un 5% aproximadamente sus valores, los cuales fueron significativamente menores con respecto al testigo; y para los organismos tratados durante 50 segundos, se observó que ya no hubo supervivencia, lo cual indicó la desaparición total de los organismos de este lote marcando el valor más bajo de la gráfica.

Para la revisión efectuada a los 30 días después -- del tratamiento se observó que el comportamiento de las poblaciones fue muy semejante a la revisión anterior, ya que los organismos tratados durante 10 segundos tuvieron una mayor supervivencia (96.70%) con respecto al testigo (93.80%); el grupo tratado durante 20 segundos (83.50%) es menor con respecto al testigo en un 10.30% mostrando el punto más bajo de su curva; los grupos tratados durante 30 y 40 segundos no sufrieron cambios y se mantuvieron iguales con respecto a la revisión anterior siendo sus valores significativamente menores al testigo.

Durante la cuarta revisión, correspondiente a los 40 días después del tratamiento se detectó la aparición de la primera generación Filial (F1) ya que las poblaciones comenzaron a incrementarse tanto en el grupo testigo como en los distintos grupos tratados, y se observó que el comportamiento de los resultados fue similar al de las revisiones anteriores, pues el porcentaje de supervivencia mostró valores menores conforme se incrementa el tiempo de tratamiento. El grupo tratado durante 10 segundos incrementó su población a (137.60%) la cual fue mayor al igual que su curva en comparación con el testigo (132.30%); el grupo tratado durante 20 segundos (116.70%) volvió a ser más bajo al igual que su curva con relación al testigo; el grupo tratado durante 30 segundos mostró un aumento de su población de 20% obteniendo un valor de (60%) de supervivencia manteniendo su curva por arriba del grupo tratado durante 40 segundos el cual se incrementó ligeramente (33.30%).

En la quinta revisión correspondiente a los 60 días después del tratamiento los grupos tratados durante 10 segundos (173.30%) y 20 segundos (170.00%) tuvieron una supervivencia menor en 17% y 15% respectivamente en comparación con el testigo, el cual obtuvo un valor de (205.40%) elevando su curva por encima de todos los grupos; mientras

que los grupos tratados durante 30 segundos (73.30%) y 40 segundos (46.50%) aumentaron ligeramente sus poblaciones.

Para la revisión realizada a los 90 días, existió un porcentaje muy elevado de supervivencia en los grupos tratados así como el testigo lo cual marcó la aparición de una nueva generación (F2) y el comportamiento de las poblaciones fue diferente al mostrado en la revisión anterior, pues los grupos de 10 segundos (323.40%) y 20 segundos (303.40%) tuvieron un porcentaje de supervivencia mayor en comparación con el testigo (258.30%) superándolo en un 25% y 17% respectivamente disparando considerablemente sus curvas por arriba del testigo, el grupo tratado durante 30 segundos aumentó considerablemente el porcentaje de su población a (193.30%) no obstante a esto su curva continuó por debajo del testigo mientras que el grupo tratado durante 40 segundos obtuvo un valor de (80%) y casi duplica el porcentaje de supervivencia que mostraba en la revisión anterior, manteniendo su curva en una proporción significativamente menor en relación con el testigo.

Finalmente en la revisión efectuada a los 120 días después del tratamiento, los grupos irradiados mostraron un decremento más pronunciado en su porcentaje de supervivencia que el testigo, así el grupo correspondiente a los

10 segundos de tratamiento mostró una supervivencia de -- (295.60%) y mantuvo su curva por encima del testigo -- (239.50%); el grupo tratado durante 20 segundos (223.00%) obtuvo un valor ligeramente menor que el testigo, cayendo su curva por debajo de éste; los grupos tratados durante 30 y 40 segundos disminuyeron sus poblaciones a (146.00%) y (46.00%) respectivamente.

En la tabla # 3 podemos apreciar la velocidad con que disminuyó el porcentaje de supervivencia de los grupos tratados en comparación con el testigo durante los diferentes intervalos de revisión. Podemos apreciar que esta velocidad aumenta (-) negativamente conforme se incrementa el tiempo de exposición; así tenemos que el valor más alto correspondió al grupo tratado durante 50 segundos en la revisión del intervalo (0-10) días.

Con la presencia de los números positivos podemos apreciar que las poblaciones ya no están disminuyendo sino por lo contrario están incrementándose debido a la aparición de la (F1) en la revisión de 40 días; para la revisión de 60 días estas cifras disminuyeron para posteriormente volverse a incrementar en la revisión correspondiente a los 90 días después del tratamiento lo cual nos indica la aparición de una nueva generación (F2); para los --

120 días podemos apreciar que vuelven a disminuir las poblaciones de todos los grupos tratados así como el testigo.

Con respecto a los resultados en el porcentaje de supervivencia de adultos expuestos al tratamiento con medio de cultivo (tabla #2) se observó durante la revisión efectuada a los 10 días después del tratamiento que el porcentaje de supervivencia más alto correspondió al testigo (98.30%) seguido por el grupo tratado durante 10 segundos el cual disminuyó a (85%); el grupo tratado durante 20 segundos obtuvo un porcentaje de (41.60%) mostrando su curva un descenso notorio en relación al testigo (gráfica #2); el grupo tratado durante 30 segundos obtuvo un porcentaje muy bajo de supervivencia ya que su población disminuyó hasta un (6.60%), valor que es bastante considerable en comparación con el testigo; el porcentaje más bajo de supervivencia se encontró en los grupos tratados durante 40 y 50 segundos ya que mostraron un porcentaje nulo de supervivencia; en la gráfica # 2 podemos apreciar que todas las curvas disminuyeron su porcentaje de supervivencia conforme se incrementó el tiempo de tratamiento.

Para los 20 días después del tratamiento los grupos irradiados durante 10 y 20 segundos decrecieron a (71.50%) y (21.60%) respectivamente y sus curvas se encuentran por

debajo del testigo, el cual descendió muy ligeramente --- (97.60%); el grupo correspondiente a 30 segundos de tratamiento no mostró ningún cambio manteniéndose con el porcentaje de supervivencia obtenida en la revisión anterior -- (6.60%) el cual es significativamente menor en comparación con el testigo.

Durante la revisión efectuada a los 30 días después del tratamiento, el grupo tratado durante 10 segundos mostró un decremento de 35.30% el cuál es la mitad del porcentaje obtenido en la revisión anterior mientras que el grupo tratado durante 20 segundos (21.60%) descendió en -15%, manteniendo los dos grupos sus curvas muy por debajo del testigo (95.60%) el cual al igual que el grupo tratado durante 30 segundos (5.00%) mostraron descensos poco considerables durante esta revisión.

Para la revisión efectuada a los 40 días después -- del tratamiento se apreció un incremento en la población del testigo a (142.30%) de supervivencia, lo cual marcó la aparición de una nueva generación la (F1) elevando su curva considerablemente, a diferencia de los grupos experimentales los cuales continuaron con un comportamiento decreciente en sus poblaciones, así tenemos que el grupo tratado durante 10 segundos descendió en 11.60% obteniendo un

valor para esta revisión de (23.70%) mientras que los grupos tratados durante 20 segundos (20.00%) y 30 segundos (3.30%) descendieron ligeramente sus curvas de supervivencia.

La revisión realizada a los 60 días después del tratamiento mostró la aparición de una nueva generación la (F1) para los grupos tratados durante 20 y 30 segundos -- los cuales elevaron ligeramente sus curvas ya que obtuvieron valores de supervivencia de (31.60%) y (6.60%) respectivamente; el testigo siguió incrementándose, mostrando un porcentaje de supervivencia durante esta revisión de (193.30%) mientras que por lo contrario el grupo tratado durante 10 segundos obtuvo un porcentaje muy bajo de supervivencia el cual fue de (3.33%) mostrando una caída de su curva bastante considerable en comparación con el testigo.

Para la revisión realizada a los 90 días después del tratamiento se observó un incremento considerable en la población del testigo con respecto a la revisión efectuada a los 60 días lo cual indicó la aparición de otra generación (F2); durante esta revisión se detectó el punto más alto de la curva del testigo el cual obtuvo un valor de (246.60%) a diferencia del grupo tratado durante 10 segundos el cual mostró un porcentaje nulo de supervivencia

marcando la caída de su curva por completo; los grupos -- tratados durante 20 y 30 segundos descendieron nuevamente obteniendo valores de (20.00%) y (3.30%) respectivamente los cuales son significativamente menores en relación con el testigo.

Finalmente, para la revisión efectuada a los 120 -- días, se observó que el grupo correspondiente a los 20 segundos de tratamiento tuvo un nuevo incremento en su porcentaje de supervivencia lo cual marcó la aparición de la (F2) obteniendo un valor de (31.60%) mientras el testigo ya no se incrementó y su curva desciende, ya que durante esta revisión obtuvo una supervivencia de (233.50%); el grupo tratado durante 30 segundos mostró una tendencia a la desaparición de sus individuos pues en esta revisión -- obtuvo su valor más bajo de supervivencia el cual fue de (1.60%) mostrando de esa forma la caída de su curva.

Respecto a otro punto podemos apreciar los resultados de la velocidad de disminución de supervivencia en el grupo tratado con medio de cultivo (tabla # 4), y tenemos que para la primer revisión el testigo registra la velocidad más baja y en los lotes tratados se observa que conforme aumenta el tiempo de exposición se incrementa la velocidad de disminución de supervivencia; los grupos trata

dos durante 40 y 50 segundos muestran las velocidades más altas en el intervalo de tiempo 0-10 días ya que alcanzan el 0% de supervivencia; el grupo tratado durante 10 segundos muestra una velocidad similar en el intervalo de tiempo 10-60 días con excepción de la tercera revisión donde marca un valor más alto; el testigo tuvo una velocidad de disminución lenta durante los primeros treinta días para posteriormente incrementar su población en el intervalo de tiempo 40-90 días; los grupos tratados durante 20 y 30 segundos tuvieron velocidades bajas a partir de los 20 a 40 días y posteriormente muestran incrementos en sus respectivas poblaciones debido a la aparición de nuevos organismos.

En las gráficas 3,4 y 5 referentes a los valores obtenidos para la dosis letal cien (D.L.100) y dosis letal media (D.L.50) en el grupo tratado sin medio de cultivo durante los 10,20 y 30 días después de la irradiación se observó que los valores obtenidos son muy similares. Así tenemos que los tiempos de exposición más altos corresponden a la gráfica de 10 días de revisión, mostrando valores de (D.L.100)=56.03 segundos y (D.L.50)=31.52 segundos; la gráfica de los 20 días de revisión muestra una (D.L.100)=54.24 segundos y (D.L.50)=30.00 segundos; las dosis de tiempos más cortos corresponden a la gráfica de 30 días -

de revisión, las cuales son (D.L.100)=54.06 segundos y -- (D.L.50)=29.18 segundos.

En las gráficas 6,7 y 8 correspondientes a las dosis letales cien (D.L.100) y media (D.L.50) obtenidas en el grupo tratado con medio de cultivo, se observa que los -- tiempos de exposición más altos corresponden a la gráfica de 10 días de revisión y muestra una (D.L.100)=36.83 segundos y una (D.L.50)=18.65 segundos; la gráfica de 20 días de revisión obtuvo una (D.L.100)=36.32 segundos y (D.L.50)=17.16 segundos; la gráfica que presenta los valores más cortos es la referente a los 30 días de revisión después del tratamiento mostrando una (D.L.100)=34.22 segundos y (D.L.50)=11.64 segundos la cual es más corta con respecto a las otras revisiones.

Respecto a otro punto; en el análisis químico proximal aplicado a organismos adultos de Sitophilus zeamais - M. (gráfica # 9) se obtuvieron los siguientes resultados: contenido de humedad = 40.86%; contenido de extracto etéreo (grasa) = 20.14%. El porcentaje restante = 39.00% corresponde a otros compuestos como proteínas, carbohidratos, sales minerales, fibra cruda etc. que no fueron analizados.

Los resultados obtenidos en los tratamientos de organismos adultos de Sitophilus zeamais M. mostraron valo-

res significativos entre los grupos al aplicarles la prueba estadística "F" del análisis de varianza.

IV. DISCUSION.

Al comparar los resultados obtenidos por la irradiación de microondas en los dos grupos experimentales se observa que los insectos irradiados con medio de cultivo resultaron ser más afectados por este tratamiento que los individuos tratados sin medio de cultivo, asimismo se observa que existe una relación inversamente proporcional entre los tiempos de exposición y los porcentajes de supervivencia en ambos grupos ya que se obtuvieron menores porcentajes de supervivencia a mayores tiempos de exposición.

Los organismos que resistieron las exposiciones altas del tratamiento conservaron su capacidad de reproducción, incrementando de ese modo sus poblaciones, aunque estos porcentajes de supervivencia no alcanzaron la proporción del testigo.

Para los dos grupos tratados, el efecto principal producido por la irradiación de microondas es de tipo térmico, y los resultados en ambos casos se atribuyen por principio a la deshidratación de los organismos provocado por la energía de microondas, debido a que sus tejidos presentan un alto contenido de agua y por lo tanto hay --

gran cantidad de absorción de quanta de energía, los cuales incrementan la energía cinética de las moléculas produciendo un calentamiento general del organismo, esto puede corroborarse al observar los resultados del análisis químico proximal realizado a individuos de Sitophilus zeamais M. en el cual se muestra un 40.86% de humedad, porcentaje que puede ser considerado para que la energía de microondas actúe favorablemente.

El efecto térmico se acentúa más en el grupo experimental tratado con medio de cultivo, ya que los resultados muestran porcentajes menores de supervivencia, esto pudo deberse al incremento térmico generado en el medio de cultivo el cual es provocado por la misma energía de microondas. En este caso los granos que constituían el medio de cultivo contenían en sus tejidos aproximadamente un 11% de humedad, por lo que al ser expuestos a la energía de microondas produjeron un incremento considerable en la temperatura del medio; podemos decir entonces que la deshidratación de los organismos producida por la acción de las microondas, aunada al calor generado dentro del medio de cultivo, el cual es producido por el mismo tratamiento, provocan en consecuencia condiciones desfavorables para estos organismos, lo que trae como resultado efectos letales producidos en muy corto tiempo.

Esto puede apoyarse con las observaciones realizadas por Nelson y Kantack (1966) quienes demostraron que la humedad de los granos infestados, aumentan la eficiencia de la energía de radiofrecuencia al obtenerse una mayor mortalidad de insectos lo cual se debe al calor generado y a la deshidratación que sufre el material irradiado.

Watters, F.L. (1976) reportó la susceptibilidad de Tribolium Confusum Jaquelin du Val. a la energía de microondas en trigo y harina blanca infestados e indicó que la susceptibilidad era mayor en el trigo que en la harina -- blanca, la mortalidad estuvo en función del tiempo de exposición y al contenido de humedad.

Al analizar el comportamiento del primer grupo experimental en comparación con el testigo, se observa que -- los tiempos de tratamiento correspondientes a 10 y 20 segundos mostraron porcentajes de supervivencia similares -- al testigo durante los primeros 60 días; sin embargo a -- los 90 días estos porcentajes son ligeramente más altos -- que el del testigo, para declinar posteriormente en la revisión realizada a los 120 días al igual que el grupo testigo, lo cual pudo deberse a la falta de medio de cultivo para alimentación o para oviposición.

En los tratamientos con mayor tiempo de exposición

30, 40 y 50 segundos se observa que el descenso en sus porcentajes de supervivencia estuvo en función al tiempo de exposición; el tratamiento más severo fue el correspondiente a 50 segundos de irradiación ya que se alcanzó el 100% de mortalidad poco tiempo después del tratamiento, mientras que los grupos tratados durante 30 y 40 segundos no obstante a que disminuyeron sus poblaciones tuvieron la capacidad de reproducirse para dar origen a nuevas generaciones; las curvas de éstos grupos siempre se mantuvieron por debajo del testigo, debido a que la supervivencia de estos grupos se vio fuertemente disminuida desde los primeros diez días después del tratamiento y los organismos sobrevivientes tienen poca descendencia.

Se pudo observar que el tratamiento con energía de microondas no produjo esterilidad en los organismos de este grupo experimental, ya que marcaron la aparición de su (F1) y (F2) paralela a la del testigo y no presentan un adelanto o retraso en la aparición de estas generaciones.

Los resultados correspondientes al segundo grupo experimental el cual fue tratado con medio de cultivo mostraron que los grupos tratados durante 10, 20 y 30 segundos disminuyeron considerablemente el porcentaje de superviven

cia de sus poblaciones desde los primeros días de revisión, mientras que los grupos tratados durante 40 y 50 segundos alcanzaron inmediatamente el 100% de mortalidad. Se pudo observar también que el grupo tratado durante 10 segundos no marcó la aparición de una nueva generación, descendiendo su población durante los 60 días después del tratamiento y para la revisión de 90 días obtuvo un 0% de supervivencia.

En los grupos tratados durante 20 y 30 segundos -- existió un retraso de 20 días en la aparición de la (F1) -- en relación con el testigo ya que en éste aparece en el intervalo de tiempo 30-40 días mientras que en los grupos tratados durante 20 y 30 segundos apareció hasta los 40-60 días esto pudo deberse a alguna alteración del sistema reproductor producida por el incremento de la temperatura y al porcentaje tan bajo de organismos sobrevivientes. Asimismo se observó que solo el grupo tratado durante 20 segundos fué capaz de dar origen a la segunda generación pues la población del grupo tratado durante 30 segundos fue poco vigorosa y tiende a desaparecer, la aparición de la (F2) en el grupo tratado durante 20 segundos presentó un retraso de casi 30 días en relación con el testigo, ya que en este la (F2) apareció en la revisión de los 60-90 días mientras que el grupo tratado durante

20 segundos la presentó hasta los 120 días.

Con respecto a la velocidad de disminución en el porcentaje de supervivencia se pudo observar que en ambos grupos estuvo en función al incremento del tiempo de exposición marcándose más en el grupo tratado con medio de cultivo.

Al comparar los resultados obtenidos en la (D.L.100) y (D.L.50) de los dos grupos experimentales durante intervalos de tiempo de 10, 20 y 30 días, conforme al tiempo aproximado en que duran los granos en almacenamiento, se observó que se necesitan exposiciones más altas para obtener la (D.L.100) y la (D.L.50) en el grupo experimental tratado sin medio de cultivo que para obtener estas dosis en el grupo tratado con medio de cultivo.

Al realizar una comparación de las dosis letales (D.L.100) y (D.L.50) obtenidas en la exposición de individuos adultos de Tribolium castaneum H. a la energía de microondas (Martinez, I. 1984) en tratamientos realizados con y sin harina, en relación con los resultados obtenidos para Sitophilus zeamais M. encontramos que existe una ligera resistencia por parte de Tribolium castaneum M. a este tratamiento que los organismos de Sitophilus zeamais M. ya que los valores obtenidos a los 30 días para -- --

Tribolium castaneum H. fueron (D.L.100)=56.00 segundos y (D.L.50)=25.6 segundos en organismos tratados sin harina, y los datos reportados para los organismos irradiados sin harina fueron (D.L.100)=55.1 segundos y (D.L.50)=54.5 segundos. Estos valores son comparables con los obtenidos en Sitophilus zeamais M. tratados sin medio de cultivo, pero en relación con los valores obtenidos en el tratamiento realizado con medio de cultivo se observa que Tribolium castaneum H. muestra valores superiores a los obtenidos para Sitophilus zeamais M. ya que son (D.L.100)=36.83 y (D.L.50)=18.65 segundos en el grupo tratado con medio de cultivo. Y (D.L.100)=54.06 y (D.L.50)=29.18 segundos en el grupo tratado sin medio de cultivo.

Al relacionar los resultados obtenidos en la viabilidad del grano por Machain, V. (1979) (gráfica # 10) con respecto a los valores obtenidos para la (D.L.100) y (D.L.50) en los primeros 10 días del grupo tratado con medio de cultivo, podremos ver que el grano no se verá afectado significativamente por esta irradiación, y se puede afirmar que la susceptibilidad a esta energía es mucho mayor para los insectos que el grano, ya que el 100% de los insectos muere a un tiempo de exposición en la que todavía los granos no alcanzan el 50% de mortalidad.

CONCLUSIONES.

De acuerdo a los resultados obtenidos en este trabajo, se concluye que el tiempo de exposición de 36.83 segundos, es el más indicado para utilizarse en el control de -- -- Sitophilus zeamais M. infestando granos con un contenido de humedad del 11%, ya que fue el valor de la D.L. 100 -- más alto obtenido en el tratamiento realizado con medio -- de cultivo y a través de esta exposición se consiguió el -- 100% de mortalidad de los insectos infestantes sin alterar considerablemente las propiedades del grano el cual -- puede ser utilizado principalmente en la alimentación y -- en un momento dado en la agricultura, después de ser sometido a este tratamiento.

Las microondas como método de combate físico, pueden ser utilizadas en el control de plagas de insectos de granos y productos almacenados, presentando ciertas ventajas sobre los métodos de control convencionales, ya que no quedan residuos tóxicos en los productos, no son contaminantes del medio ambiente y no es probable que los insectos desarrollen resistencia al tratamiento.



FIGURA 1 ADULTO DE Sitophilus zeamais M.

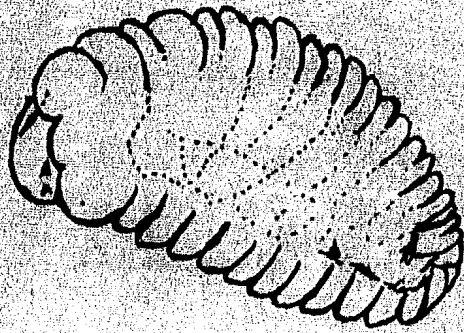


FIGURA 2 LARVA DE Sitophilus zeamais M.

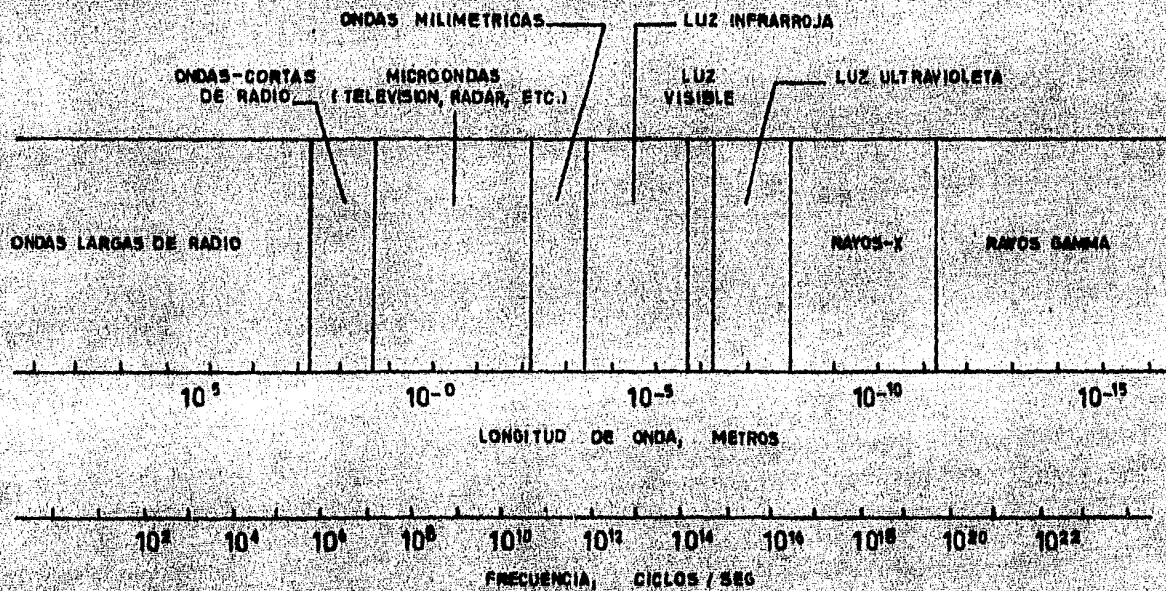
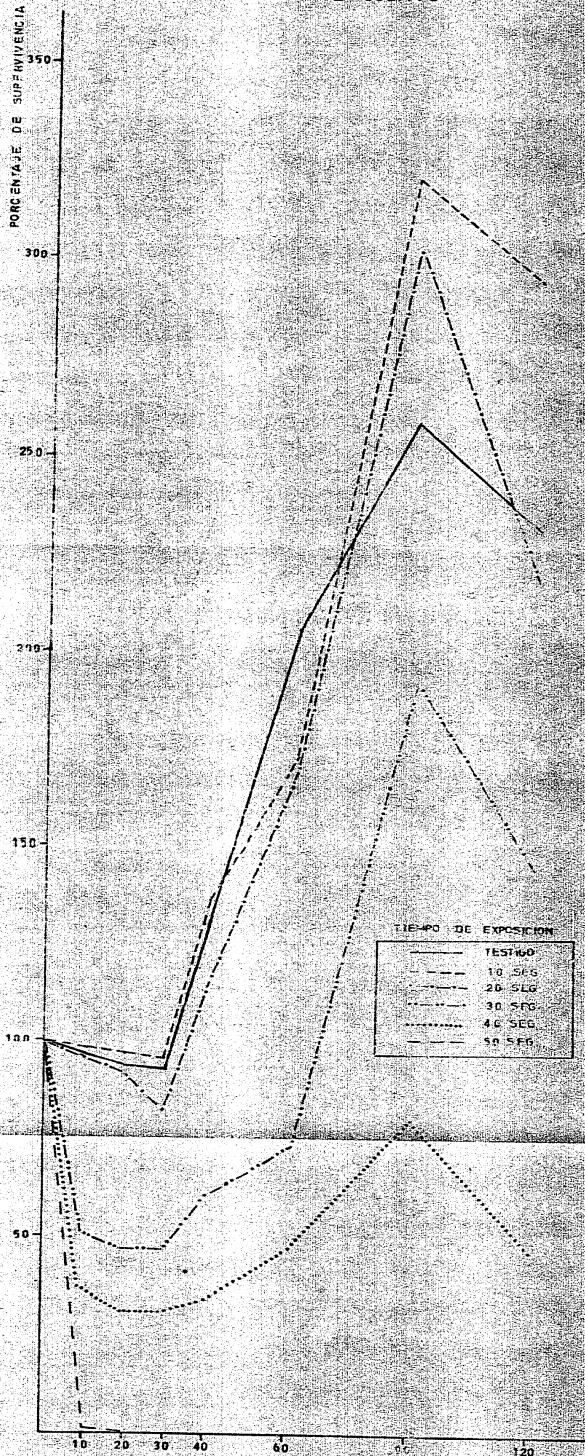


FIGURA 3 ESPECTRO ELECTROMAGNETICO

SUPERVIVENCIA DE ADULTOS DE *Sitophilus zeamais* Motsch
 SIN MEDIO DE CULTIVO



GRAFICA 1

TIEMPO (HORAS)

PORCENTAJE DE SUPERVIVENCIA DE ADULTOS DE *SITOPHILUS YEANAI* MOTSCH.
AL IRRADIARLOS CON MICROONDAS.

SN MEDIO DE CULTIVO

TIEMPO DE IRRADIACION (SEG)	TIEMPO DESPUES DEL TRATAMIENTO (DIAS)						
	10	20	30	40	60	90	120
TESTIGO	97.50	94.60	93.60	132.30	205.40	256.30	239.50
10	96.30	97.50	96.70	137.60	173.30	323.40	295.20
20	96.60	93.30	83.50	116.70	170.00	303.40	223.00
30	50.00	46.50	46.50	60.00	73.30	193.30	146.00
40	36.70	30.00	30.00	33.30	46.50	60.00	46.00
50	00.83	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00

TABLA 1

PORCENTAJE DE SUPERVIVENCIA DE ADULTOS DE SITOPHILUS ZEAMAI MOTSCH AL
IRRADIARLOS CON MICROONDAS.

CON MEDIO DE CULTIVO.

TIEMPO DE IRRADIACION (SEG)	TIEMPO DESPUES DEL TRATAMIENTO (DIAS)						
	10	20	30	40	60	90	120
TESTIGO	98.30	97.60	95.60	142.30	193.30	246.60	233.50
10	65.00	71.50	35.30	23.70	03.33	00.00	00.00
20	41.60	36.60	21.60	20.00	31.60	20.00	31.60
30	06.60	06.60	05.00	03.30	06.60	03.30	01.60
40	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00
50	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00

TABLA 2

VELOCIDAD DE DISMINUCION DEL PORCENTAJE DE SUPERVIVENCIA DE ADULTOS
DE SITOPHILUS ZEAMAIS NOTSCH AL IRRADIARLOS CON MICROONDAS

SIN MEDIO DE CULTIVO

TIEMPO DE IRRADIACION (SEG)	TIEMPO DESPUES DEL TRATAMIENTO (DIAS)						
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-60	60-90	90-120
TESTIGO	- 0.25	- 0.29	- 0.08	3.85	3.65	1.76	- 0.62
1 0	- 0.17	- 0.06	- 0.06	4.09	1.78	5.00	- 0.94
2 0	- 0.34	- 0.33	- 0.98	3.32	2.66	4.44	2.68
3 0	- 5.00	- 0.35	0.00	1.35	0.66	4.00	- 1.57
4 0	- 6.33	- 0.67	0.00	0.33	0.66	1.11	- 1.13
5 0	- 9.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

TABLA 3

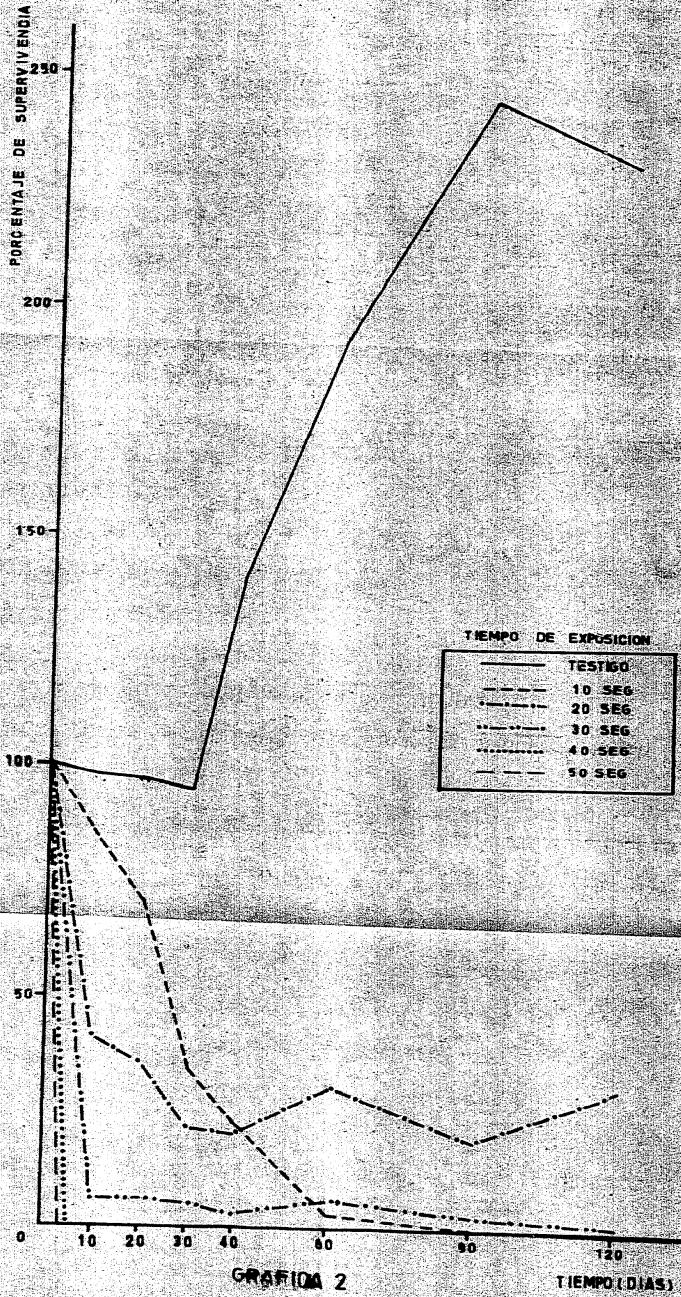
VELOCIDAD DE DISMINUCION DEL PORCENTAJE DE SUPERVIVENCIA DE ADULTOS DE
SITOPHILUS ZEAMAI MOTSCH AL IRRADIARLOS CON MICROONDAS.

CON MEDIO DE CULTIVO

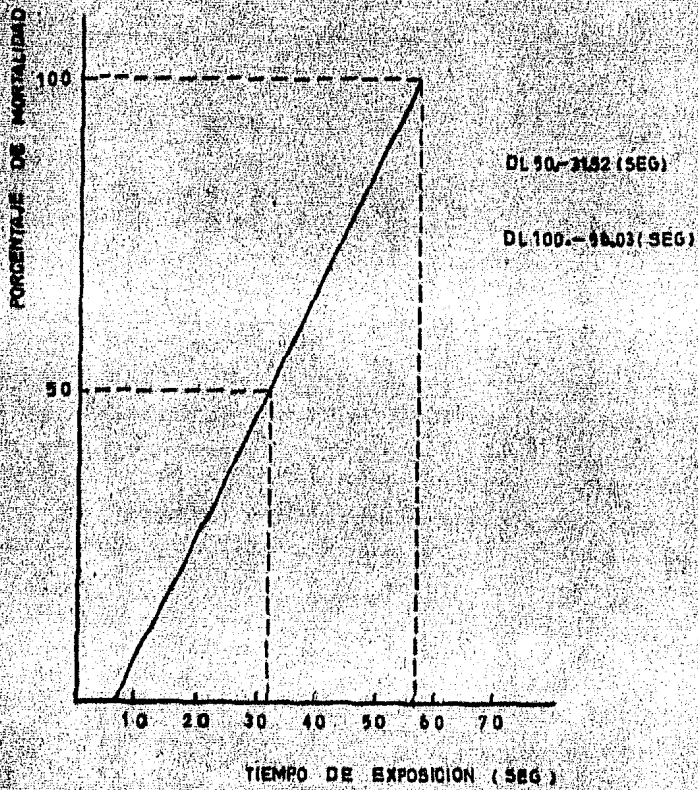
TIEMPO DE IRRADIACION (SEG)	TIEMPO DESPUES DEL TRATAMIENTO (DIAS)						
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-60	60-90	90-120
TESTIGO	- 0.17	- 0.07	- 0.20	4.67	2.55	1.77	- 0.43
10	- 1.50	- 1.35	- 3.62	- 1.16	- 1.01	0.00	0.00
20	- 5.84	- 0.50	- 1.50	- 0.16	0.58	- 0.36	0.38
30	- 9.34	0.00	- 0.16	- 0.17	0.16	- 0.11	- 0.05
40	- 10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
50	- 10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

TABLA 4

SUPERVIVENCIA DE ADULTOS DE Sitophilus zeamais Motsch
 CON MEDIO DE CULTIVO

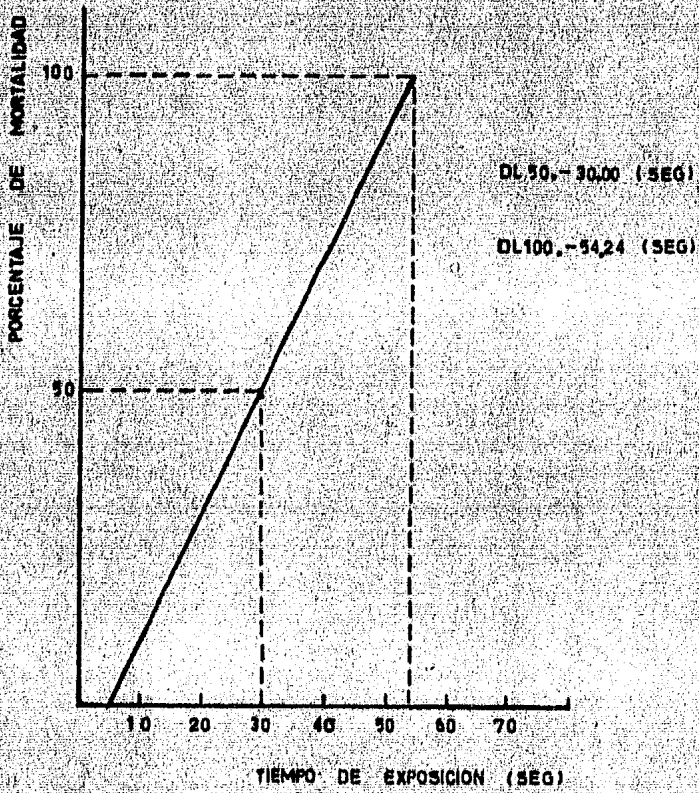


DOSIS LETAL EN ADULTOS DE SITOPHILUS ZEAMIS M.
A LOS 10 DIAS DE TRATAMIENTO
SIN MEDIO DE CULTIVO



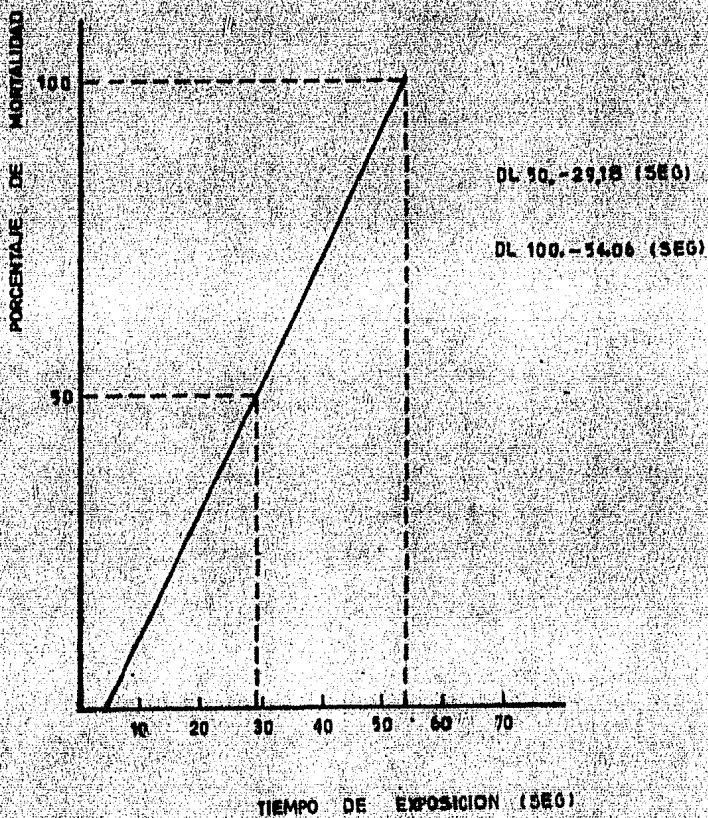
GRAFICA 3

DOSIS LETAL EN ADULTOS DE SITOPHILUS ZEAMAE M.
A LOS 20 DIAS DE TRATAMIENTO
SIN MEDIO DE CULTIVO



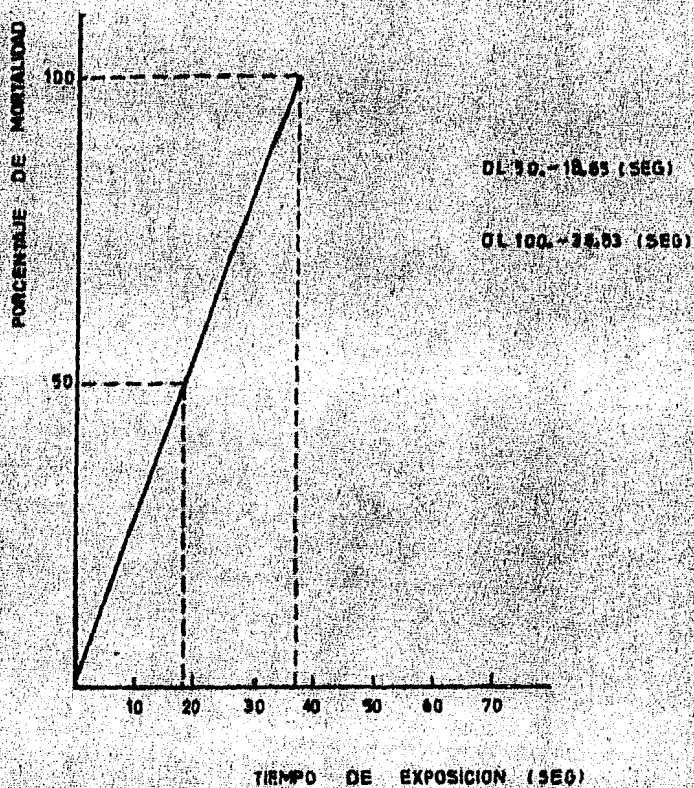
GRAFICA 4

DOSIS LETAL EN ADULTOS DE SITOPHILUS ZEAMAE M.
A LOS 30 DIAS DE TRATAMIENTO
SIN MEDIO DE CULTIVO



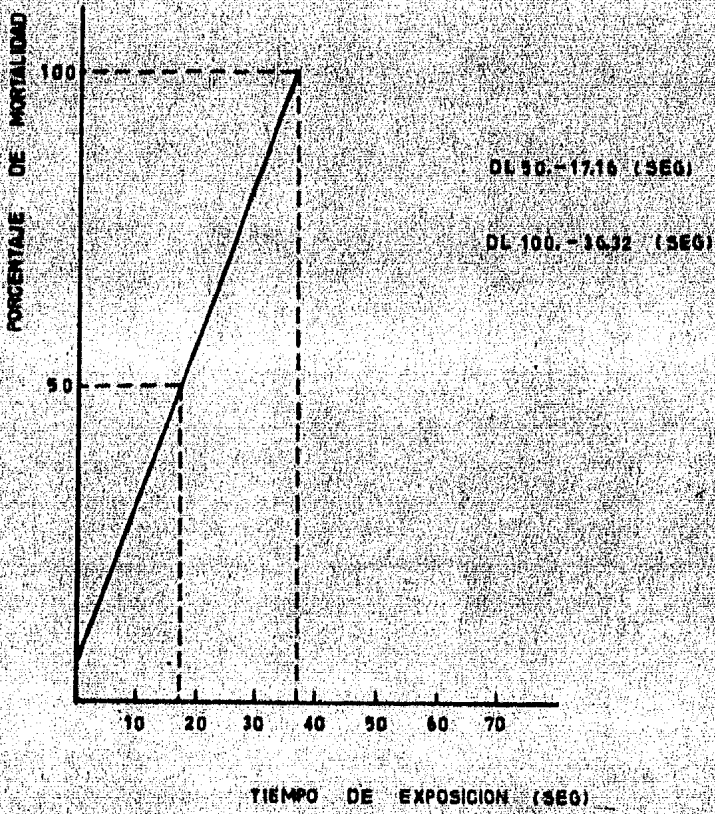
GRAFICA 5.

DOSIS EN ADULTOS DE SITOPHILUS ZEAMAIS M.
A LOS 10 DIAS DE TRATAMIENTO
CON MEDIO DE CULTIVO.



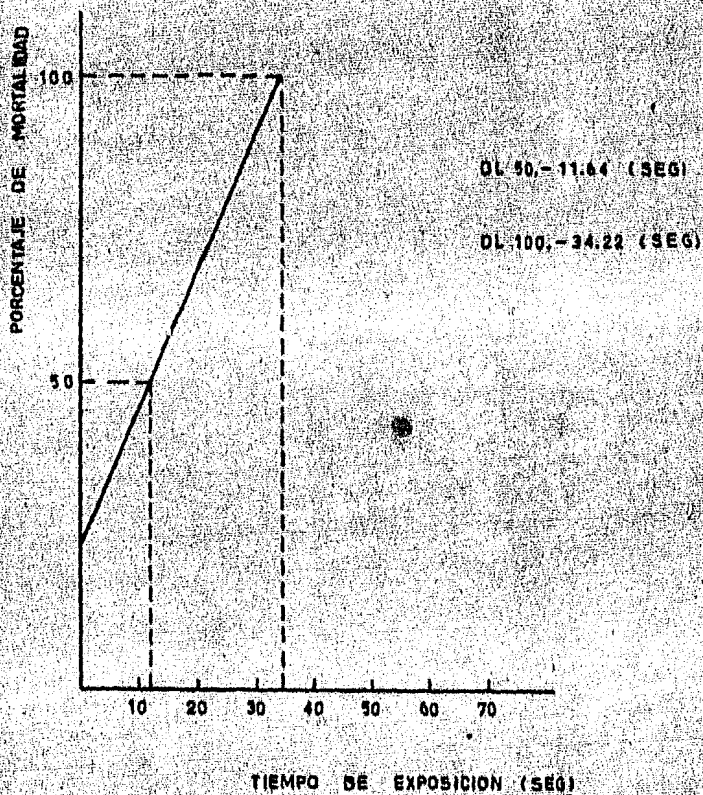
GRAFICA 6

DOSIS LETAL EN ADULTOS DE SITOPHILUS ZEAMAI M.
A LOS 20 DIAS DE TRATAMIENTO
CON MEDIO DE CULTIVO



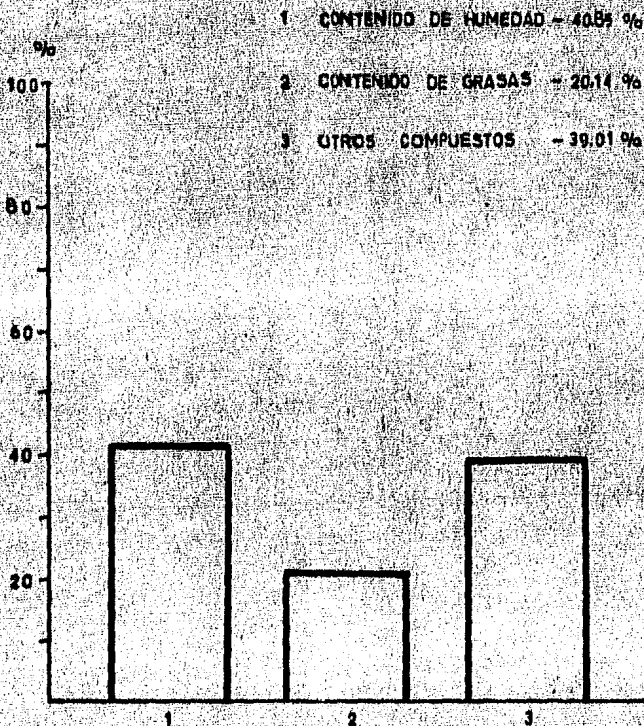
GRAFICA, 7

DOSIS LETAL EN ADULTOS DE SITOPHILUS ZEAMAIS M.
A LOS 30 DIAS DE TRATAMIENTO
CON MEDIO DE CULTIVO



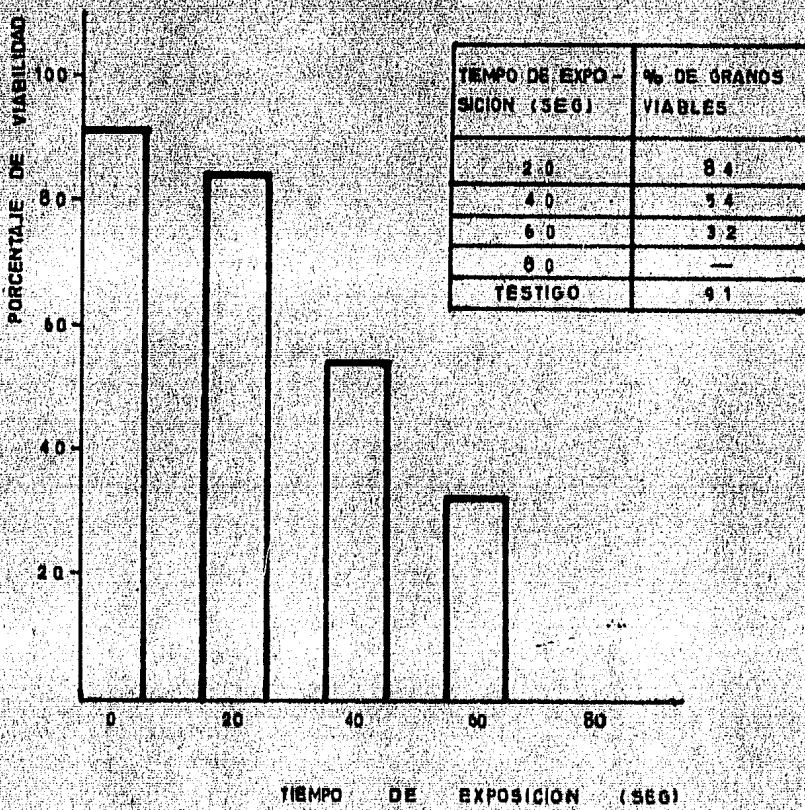
GRAFICA 8

ANALISIS QUIMICO PROXIMAL POR EL METODO A.O.A.C.
DE SITOPHILUS ZEAMAI H.



GRAFICA 9

PORCENTAJE DE VIABILIDAD DE GRANOS DE MAIZ
EXPUESTOS A LAS MICROONDAS.



GRAFICA 10

BIBLIOGRAFIA.

BAKER, J.W., ALLEN G.E., (1965), Matter, Energy, and life: An Introduction for Biology Students, Addison - Wesley Publishing Company, Inc., Reading, Massachusetts, U.S.A.

BAKER, V.H.; MIANT, D.E.; TABOADA, O. 1956. Some effects of microwaves on certain insects which infest wheat and flour. J. Econ. Entomol. 49 (1): 33-37.

FRINGS, H. 1952. Factors determining the effects of radio-frequency electromagnetic field on insects and materials they infest. J. Econ. Entomol. 45 (3): 396-408.

HURLOCK, E.T.; HEWELLING, B.E.; STABLES, L.M. 1979. Microwaves can kill insect pest. Food Manufacture. 54 (8): 37-39.

I. MARTINEZ, I. RESTRPO, C. ZAMORA, (1977), Alimentación Básica y Desarrollo Agroindustrial, Fondo de Cultura Económica, México, D.F.

JAMIESON M., JOBRER P.. (1975), Manejo de los alimentos 1, 2, 3, Editorial Pax 230 págs.

JHONSON, C.C. AND GUY, A.W. 1972. Nonionizing Electromagnetic wave effects in Biological materials and Systems. Proc. IEEE. 60: 692-718.

- KILGORE, W.W. and DOULT, L.L. 1967, Pest control, Biological Physical and selected Chemical methods, Academic Press, New York, 477 P.
- KIRKPATRICK, R.L.; ROBERTS, J.R. Jr. 1971 Insect control in wheat by use of microwave energy, J. Econ. Entomol. 64 (4): 951.
- KIRKPATRICK, R.L.; BROWER, J.H.; TILTON, E.W. 1972 A comparison of microwave and infrared radiation to control rice weevils (Coleoptera: Curculionidae) in wheat, J. Kans. Entomol. Soc. 45 (4): 434-438.
- KIRKPATRICK, R.L.; BROWER, J.H.; TILTON, E.W.; BROWN, G.A. 1973, Gamma and microwave radiation to control the rice weevil in wheat, J. Ga. Entomol. Soc. 8 (1): 15-55.
- MACHAIN, V.C. 1979. Efecto de las microondas sobre la supervivencia de Sitotroga cerealella, (Oliv.) (Lepidoptera: Gelechiidae). Tesis profesional U.H.A.M. México 44 P.P.
- MARTINEZ, I. 1984, Efecto de las microondas en tribolium castaneum (Herbst) Tesis profesional U.N.A.M. México 90 P.P.
- METCALF, C.L. Y FLINT, W.P. 1976, Insectos destructivos e Insectos útiles, sus costumbres y su control C.E. C.S.A. México, 1208 P.

- NELSON, S.O.; WHITNEY, W.K. 1960, Radio-Frequency electric fields for stored grain insect control - Trans, ASAE. (Am.Soc.Agric.Eng.) 3:133-137, 144.
- NELSON, S. O. 1973, Insect control studies with microwaves and other radio frequency energy, Bull. - Ent. Soc. Am. 19:157-163.
- NELSON, S.P.; STETSON, L.E. 1974, Comparative effectiveness of 39 and 2450 MHz electric fields for control of rice weevils in wheat, J. Econ. Entomol, 67 (5): 592-595.
- NOBORU YAMANE, (1981).. Fundamentos de Propagación de Microrondas.. Secretaría de Comunicaciones y Transportes, segunda Edición: Publicaciones Teletcomex, México, D.F.
- RAMIREZ, G.M. 1979 Almacenamiento y conservación de granos y semillas CECSA, México, 300 P.P.
- RAMIREZ M.M. "Insectos y Almacenamiento de Granos", Naturaleza Fondo de Fomento Educativo, Academia de la Investigación Científica., Vol. 12 No. 2, abril 1981., P.P. 92-102.
- R. CREMLYN, (1982).. Plaguicidas Modernos y su acción - Bioquímica. Editorial Limusa, S.A. México, D.F.
- SALISBURY F.B., PARKE, R.V. (1968).. Las plantas vasculares; Forma y Función., Serie/Fundamentos de la Botánica, Ed. Herrero, Hermanos Sucesores, S.A. México, D.F.

- TILTON, E.W.; BROWER, J.H.; BROWN, G.A.; KIRKPATRICK, R.L.
1972. Combination of gamma and microwave radiation for control of argentine grain moth in wheat
J. Econ. Entomol. 65 (2): 531-533.
- URBAN, G. 1978. Efecto de un laser de Argón en larvas y
Adultos, de Sitophilus zeamais M. Tesis profesio-
nal U.N.A.M. México 89 P.P.
- WATERS F.L. 1976. Microwave radiation for control of
Tribolium confusum in wheat and flour J. stored-
Prod. Res. 12 (1): 19-25.