

ib
193
61

Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE CIENCIAS



EFFECTO DE LAS MICROONDAS SOBRE LA
SUPERVIVENCIA DE SITOTROGA CEREALELLA
(OLIVIER), (LEPIDOPTERA : GELECHIIDAE)

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
B I O L O G O
P R E S E N T A

VICTOR ARMANDO MACHAIN CASTELL DE ORO

MEXICO, D. F.

6391

1979

204

95



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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 esta 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.

I N D I C E

A. Introducción

A.I. Importancia de la conservación de los granos y semillas.

A.I.1. El crecimiento demográfico.

A.I.2. Necesidades del almacenamiento.

A.I.3. Problemas en el almacenamiento y conservación de los granos.

A.I.4. Las Plagas.

A.I.5. Los insectos como plaga de los granos y semillas almacenados.

A.I.6. Algunos métodos utilizados para el control de las plagas de insectos de granos almacenados.

A.II. Biología de Sitotroga cerealella (Olivier).

A.II.1. Posición taxonómica.

A.II.2. Ciclo de vida, apariencia y hábitos.

A.III. Las Microondas.

A.III.1. Generalidades sobre el espectro electromagnético.

A.III.2. Generalidades sobre las microondas.

A.III.3. Efectos biológicos de las microondas.

A.III.4. Usos de las microondas.

B. Material y Método.

C. Resultados.

D. Discusión.

E. Literatura consultada.

A. INTRODUCCION

A.1. Importancia de la conservación de los granos y semillas.

La necesidad imperiosa, y cada día mayor, de disponer de alimentos de calidad para el consumo de la población humana en constante incremento, ha obligado al hombre a buscar medios apropiados para conservar sus granos y semillas, con el mínimo de pérdida y durante un mayor tiempo - de almacenamiento.

Los granos y semillas, al igual que sus productos derivados, constituyen una fuente de alimento, tanto para el hombre como para muchos - otros organismos, así, su disponibilidad en un momento dado, significa la satisfacción de una necesidad esencial, pues el alimento en sí es -- uno de los principales factores limitantes para todos los seres vivos.

La conservación de los granos y semillas útiles para la alimenta-- ción ha sido, es y será motivo de preocupación debido a su importancia en la dieta humana, y por la necesidad de resguardarlos del peligro que significa el aprovechamiento de estos por cualquier otro organismo.

A.1.1. El crecimiento demográfico.

Debido a que la población humana se incrementa notablemente día a día cada vez es mayor la necesidad de contar con mayores volúmenes de - granos para poder satisfacer las demandas, tanto para la alimentación, como para la industria.

Existe una marcada diferencia entre las curvas de producción y de consumo de granos por la especie humana (Ramírez Genel, 1974). Mientras las curvas de producción tienen variaciones bruscas, que son producto de los factores ecológicos que las gobiernan, las curvas de consumo -- conservan, por lo general, una dirección ascendente proporcional al incremento de la población.

En muchos lugares, la población humana aumenta más rápidamente que los alimentos que demanda para subsistir; éste fenómeno produce carencias muy serias, las que repercuten en la nutrición del pueblo.

A.1.2. Necesidad del almacenamiento.

Dada la imposibilidad de un consumo inmediato de la producción total de la cosecha de granos alimenticios, el hombre se vé en la necesidad de almacenarlos, para de esta forma irlos consumiendo de acuerdo a sus requerimientos.

El mejoramiento de las técnicas agrícolas en los últimos años, se refleja en el incremento de los rendimientos de las cosechas de granos alimenticios por unidad de superficie. Sin embargo, como resultado de lo anterior, se tiene la imperiosa necesidad de conservar y almacenar mayores volúmenes, que constituyen las reservas necesarias para la alimentación de la creciente población.

Por otro lado, la balanza económica gobernada por la Ley de la oferta y la demanda exige el tener existencias de granos y semillas en

almacenamiento para evitar las variaciones de los precios y para asegurar el abastecimiento oportuno de estos productos cuando haya escasez de los mismos.

También es necesario el almacenamiento para asegurar la semilla para la producción de mejores cosechas en el futuro; así como para la alimentación de animales domésticos, y como materia prima para la industria.

El almacenamiento de los granos y semillas es un proceso costoso que trae implícito problemas de carácter muy complejo, pero que son un requerimiento necesario y de decisiva importancia para la nutrición e industria humana.

A.1.3. Problemas en el almacenamiento y conservación de los granos.

Los problemas relativos a la conservación son muy difíciles por la incurrencia de factores físicos, químicos, mecánicos y biológicos que interactúan con los granos, y puede decirse que muchos de estos factores son más acentuados en ciertas regiones ecológicas del mundo; sin embargo, gran parte de la resolución de estos problemas descansa en la investigación y en el conocimiento adecuado de las causas que los originan.

Se considera que los principales factores que determinan y acentúan las pérdidas en los almacenes, en la mayor parte del mundo, son los si-

güentes:

1. - La carencia de depósitos adecuados, para el manejo y facilidades de almacenamiento.
2. - El alto contenido de humedad e impurezas del grano en el momento de almacenarlo.
3. - La presencia de plagas (insectos, hongos, bacterias, roedores, etc.)
4. - El manejo deficiente de granos o semillas.
5. - El desconocimiento de los principios de conservación de granos.

Cualquiera que sea la causa y el monto de las pérdidas que sufren los granos y sus productos almacenados, recaen casi siempre sobre las personas que los producen, principalmente sobre el agricultor.

A.1.4. Las plagas.

Son cuatro los tipos de plagas que, individualmente o en conjunto, pueden causar perjuicios a los granos, tanto en el campo como en el almacén; estas son:

- a) Insectos.
- b) Microorganismos (hongos y/o Bacterias).
- c) Roedores (ratas y/o ratones).
- d) Aves.

Las condiciones específicas en cada caso son las que determinan - en última instancia cual será el monto de los daños que estas plagas, - en conjunto o individualmente; puedan inferir a los granos almacenados.

A.1.5. Los insectos como plaga de los granos y semillas almacenados.

Básicamente los insectos causan dos tipos de daños a los granos y semillas almacenados. El primero consiste en la destrucción y consumo del grano por los adultos y/o por los estados juveniles de los insectos con fines de alimentación y de oviposición, además de la contaminación que originan sus excrementos y cuerpos muertos. El segundo daño es el deterioro producido por la condición anormal del grano y por el metabolismo de los insectos que lo infestan. Ambos daños, independientemente de otros factores, demeritan considerablemente la calidad alimenticia del grano o semilla almacenada. Se ha estimado generalmente en un 5% -- del total mundial la pérdida ocasionado por los insectos, aunque esta cifra puede ser mayor, sobre todo en las áreas cálido-húmedas en donde además, no hay facilidades de almacenamiento.

Existen en México más de veinticinco especies de insectos de importancia económica que atacan a los granos almacenados y a sus productos. No obstante, las especies que mayor daño ocasionan a los granos y semillas, y a sus derivados, son unas 16 entre insectos primarios y secundarios (en los insectos primarios se incluyen todas aquellas que son capaces de penetrar en la semilla para llegar al endospermo del cual se alimentan; mientras que los insectos secundarios no son capaces de princi-

piar un ataque rompiendo el grano). Estos insectos pertenecen a varias familias de los ordenes Coleóptera y Lepidóptera; siendo los de mayor importancia:

Sitophilus oryzae (L.)

Sitophilus granarius (L.)

Sitophilus zeamais Motsch.

Rhyzopertha dominica (Fab.)

Orizaephilus surinamensis (L.)

Prostephanus (Dinoderus) truncatus (Horn.)

Acanthoscelides obtectus Say.

Spermophagus pectoralis S.

Trogoderma granarium (Evert).

Tribolium confusum (Duval)

Tribolium castaneum (Herbst).

Tenebrio molitor L.

Sitotroga cerealella (Olivier)

Plodia interpunctella (Hubner).

Anagasta (Ephestia) kühniella (Zeller).

Anagasta fiquilella Greg.

La protección de los granos almacenados y sus productos contra el ataque de los insectos, ha sido siempre un problema difícil de resolver. Esta situación está recibiendo en la actualidad mayor atención, en virtud de los grandes volúmenes de granos y alimentos que son producidos - para abastecer las necesidades humanas, de ahí la gran importancia de guardarlos libres del ataque de estos organismos.

A.1.6. Algunos métodos utilizados para el control de las plagas - de insectos de granos almacenados.

En la actualidad se han desarrollado diferentes procedimientos para el control de las plagas de insectos en el almacén; estos pueden ser químicos, biológicos y físicos.

El método tradicionalmente usado en el combate de estas plagas ha sido la fumigación, para lo cual se han utilizado materiales como el D.D.T., el ácido Cianhídrico (HCN), el Acrilonitrilo ($\text{CH}_2=\text{CHCN}$ o $\text{C}_2\text{H}_3\text{CN}$), el Bisulfuro de Carbono (CS_2), el Bromuro de Metilo (CH_3Br), la Cloropícrina (CCl_3NO_2), y muchos otros; sin embargo, todos estos productos químicos presentan la desventaja de ser contaminantes del medio ambiente, representando un peligro a corto o largo plazo tanto para el hombre como para la vida en general. Otro inconveniente que presentan estas sustancias es el hecho de que solo pueden destruir a los adultos, o cuando más a los estados juveniles, dejando a los huevecillos intactos. Otro método químico que se ha ensayado para combatir a los insectos de grano almacenados ha sido el uso de feromonas, quimioesterilizantes y los llamados repelentes gustativos.

Por lo que toca al uso de métodos biológicos en el combate de estas plagas, se han utilizado para este fin los llamados insecticidas microbianos, los cuales están constituidos de esporas de bacterias, virus y hongos patógenos de insectos; además se han utilizado predadores y parásitos. Otro método biológico que se ha desarrollado es la obtención de variedades (genéticas) de granos resistentes al ataque de los -

insectos, pero hasta ahora, las que se han obtenido, presentan la desventaja de un cambio en su valor nutritivo y en su rendimiento.

El empleo de métodos físicos se ha llevado a cabo principalmente de una forma experimental, y para ésto se han utilizado los Rayos X, -- las Radiaciones Infrarrojas, las Radiaciones Ultravioleta; el ultrasonido, y el caldeamiento selectivo por medio de campos eléctricos de alta-frecuencia. Sin embargo, el método que se considera como el más prometedor es el uso de las radiaciones ionizantes y por esto, es el método -- que más se ha estudiado experimentalmente y aún se le ha utilizado, aunque en forma limitada, de manera comercial en los países más desarrollados, como en los E.U.A., Inglaterra, Francia, Rusia y Canadá. Mediante este método se pueden destruir de una manera efectiva los huevecillos de los insectos sin dañar significativamente al grano, e igualmente se evitan los residuos tóxicos. Así pues, las radiaciones ionizantes al aumentar en unos cuantos grados la temperatura interna de los granos, pueden preservar los alimentos por inhibición (retardo en el metabolismo o reproducción) o destrucción de los organismos.

Sin embargo, el empleo de las radiaciones ionizantes, presenta el inconveniente de tener un elevado costo, además de que el personal que labora en su implementación debe tener la instrucción adecuada para evitar sus peligros.

A. II. Biología de Sitotroga cerealella (Olivier).

A. II. I. Posición taxonómica.

Sitotroga cerealella (Olivier) tiene la siguiente posición taxonómica (según Borrór, D.J., et. al., 1976):

Phylum	Arthropoda
Subphylum	Mandibulata
Clase	Insecta
Subclase	Pterygota
División	Endopterygota
Orden	Lepidoptera
Suborden	Frenatae
División	Microlepidoptera
Superfamilia	Gelechioidea
Familia	Gelechiidae
Género	<u>Sitotroga</u>
Especie	<u>cerealella</u> (Olivier)

A.11.2. Ciclo de vida, apariencia y hábitos.

Se le conoce comúnmente como palomilla del maíz, palomilla dorada de los granos, o como palomilla de Angoumois en el idioma inglés. Es -- una especie de carácter cosmopolita que se encuentra distribuida en --- prácticamente todas partes del mundo. Se alimenta de trigo, maíz y otros granos.

El insecto adulto es una mariposilla más bien delicada, de color amarillento casi dorado (ante) y lustrosa, con una amplitud alar de 12- a 17 mm. Las alas posteriores son completamente de color gris brillante,

con un denso fleco de pelos, los cuales, son más largos que el ancho de la membrana alar; la membrana alar está prolongada hacia el ángulo apical a manera de un dedo. El adulto es el estado comúnmente observado, ya que los huevecillos son microscópicos y la larva y la pupa viven todo el tiempo dentro del grano. El adulto normalmente puede vivir de 6 a 15 días en promedio, dependiendo principalmente de las condiciones de humedad y temperatura del medio. La hembra puede depositar de 120 a 400 huevecillos en promedio, en forma individual o en racimos de 20, los cuales son colocados en depresiones, comisuras, grietas, agujeros en el grano, o en los pisos y paredes del almacén o troje. Cuando el insecto se encuentra volando en el campo, oviposita en la base de los granos no maduros, o en la base de las mazorcas. Los huevecillos son de color blanco en el momento de ser puestos; a medida que llegan a la madurez se transforman en rojo brillante; son de forma más o menos oval y de aproximadamente 0.5 mm. de largo, su superficie está finamente grabada. Los huevecillos eclosionan de 7 a 12 días después de la puesta. Al eclosionar el huevecillo, sale la larva, que es vermiforme y presenta una coloración blanca o rosa pálido, con trazos de escarlata, lo que aparentemente colorea al tracto digestivo y es mostrado por los tejidos corporales translúcidos. La larva reptante constantemente hasta que encuentra alimento apropiado y entonces una perforación es hecha en el grano, de preferencia a través de grietas o lesiones en la cutícula; si el grano no está dañado la larva penetra de preferencia cerca del punto de unión entre el grano y la espiga. El primer estadio larval ocurre en un período mínimo de 9 días, el segundo estadio incluye los siguientes 11 días y el tercer estadio principia aproximadamente 20 días después de que la eclosión de los huevecillos tuvo lugar; el número de estadios larvales es -

variable. Justamente antes de la pupación la última muda tiene lugar. - La larva se alimenta principalmente sobre las partes almidonosas del -- grano. En el trigo, usualmente solo se encuentra una larva por grano, y en el maíz varias larvas pueden encontrar suficiente alimento en un solo grano. Cuando termina el desarrollo larval es de aproximadamente 5 mm. - de longitud, de color blanco, con la cabeza amarillenta, presenta 6 pa- tas verdaderas y cuatro pares de patas falsas. En este momento cava un túnel de salida para el adulto, dejando una muy delgada y transparente- pellicula de la cubierta de la semilla, tapando al agujero de emergencia. A continuación teje un delgado capullo de seda dentro del grano y cambia al estado de pupa. La pupa es de un color café rojizo y tarda en este - estado aproximadamente de 5 a 10 días.

Después del período del estado pupal, la palomilla adulta emerge a través de la delgada superficie del agujero de emergencia hecho por la- larva, y escapa al exterior.

El ciclo de vida completo dura cerca de 5 semanas. Dependiendo de- las condiciones ecológicas, puede haber de 4 a 8 generaciones anuales.

Como enemigos naturales de este insecto se encuentra el ácaro pre- dator Pyemotes ventricosus (Newport) y el himenóptero Dibrachis bouchea nus Ratz.

Por otra parte, los huevecillos de ésta palomilla se han utilizado para la cría en masa de los himenópteros parásitos del género Trichogra ma y del neuróptero Chrysopa cornea (Stephens), el cual se ha criado --

alimentándose a base de los huevecillos de ésta mariposilla; sin embargo, estos insectos mencionados no son sus enemigos naturales.

A.III. Las Microondas.

A.III.1. Generalidades sobre el espectro electromagnético.

Los antiguos griegos describieron las propiedades eléctricas y magnéticas del ámbar, pero el verdadero campo electromagnético no fué descubierto sino hasta 1888, cuando Heinrich Hertz lo describió.

Las energías del espectro electromagnético son propagadas en forma de ondas, las cuales actúan como pequeños paquetes de energía con muchas de las propiedades ordinariamente atribuidas a las partículas. Estos paquetes son llamados fotones o quanta. La energía residente en estos fotones (E) es directamente proporcional a la frecuencia (ν) de oscilación de la radiación electromagnética específica, estando así asociadas por la fórmula:

$$E = h\nu \quad \text{Donde (h) es la constante de Planck.}$$

La energía del fotón y la frecuencia de una onda electromagnética son inversamente proporcionales a su longitud de onda; a la más larga longitud de onda le corresponde el fotón de más baja energía, y a la más corta longitud de onda le corresponde el fotón de más alta energía. Generalmente, la energía del espectro electromagnético es medida en electronvolts (eV) o en Joules.

Para proporcionar una perspectiva sobre el orden de magnitud del electronvolt, puede ser anotado que un megaelectronvolt (10^6 eV) es equivalente a la energía requerida para elevar un miligrano de peso a una altura de 10 nanómetros, la energía de enlace que mantiene juntos a los átomos en moléculas en los compuestos químicos varía de unas fracciones de electronvolt a aproximadamente 4 electronvolts; mientras que la energía nuclear que mantiene unidos los protones y los neutrones es de millones de electronvolts.

Conforme la frecuencia decrece, la energía de los fotones emitidos es insuficiente, bajo condiciones normales, para desalojar a los electrones orbitales y producir pares iónicos. La energía mínima de fotón que produce ionización en el agua, en el oxígeno, hidrógeno, nitrógeno y carbono, es entre doce y quince electronvolts. Si se considera que estos átomos constituyen los elementos básicos de la materia viva, entonces 12 eV puede considerarse como el límite más bajo para ionización en los sistemas biológicos; así, las energías por debajo de este valor son consideradas, biológicamente hablando, como no ionizantes.

La energía radiante solo puede producir efectos cuando es absorbida por la materia. El efecto primario de estas radiaciones no ionizantes puede ser el efecto fotoquímico o el térmico, y según la ley básica de Grotthus y Draper queda establecido que ninguna reacción fotoquímica puede ocurrir a menos que la energía radiante sea absorbida; tal absorción requiere que la energía de los fotones sea transferida a las moléculas.

Las energías radiantes no ionizantes que son absorbidas por las mo-

lécúlas, afectan los niveles energéticos de los electrones de los átomos, o cambian las energías de rotación, vibración y de transición de las moléculas. En los sistemas biológicos la energía transferida produce la excitación de los electrones, lo cual puede resultar en una disociación de las moléculas, en una disipación de la energía de excitación en forma de fluorescencia o fosforescencia, en la formación de radicales libres, y en la degradación en forma de calor. En el último caso, la absorción de la energía cambia la energía vibracional y rotacional e incrementa la energía cinética de las moléculas.

Los efectos de la interacción de la energía radiante y los sistemas biológicos, son dependientes de la energía de los fotones radiados, del grado en el cual estos fotones son capaces de penetrar dentro de los sistemas, y de la capacidad específica de las moléculas para soportar cambios químicos cuando estas energías son absorbidas. Es también relevante considerar el flujo de energía o rango de tiempo durante el cual la energía es recibida (esto es, la energía liberada).

Aún cuando altos niveles de energía pueden ser alcanzados a muy grandes longitudes de onda, la ionización no ocurre, pero el calentamiento es posible. La efectividad relativa de las diferentes longitudes de onda para inducir una respuesta fotoquímica o térmica, constituye el "espectro de acción" para tal respuesta. Las reacciones fotoquímicas ocurren por absorción de la energía radiante en la porción del espectro electromagnético correspondiente al ultravioleta y a la luz visible, los efectos térmicos son producidos por la absorción de la energía en la porción del infrarrojo, microondas y ondas de radio frecuencia.

Muchas de las ondas electromagnéticas en ciertas frecuencias, determinados niveles de energía, y duración de la exposición, son capaces de producir daños biológicos dependiendo de múltiples variables físicas y biológicas.

A.III.2. Generalidades sobre las microondas.

La porción del espectro electromagnético correspondiente a las microondas se extiende desde aproximadamente los 100 MHz. (megahertz) hasta cerca de los 300 GHz. (gigahertz).

La energía de las microondas, cuando se propaga, se cataloga en dos formas conocidas como "microondas continuas" y "microondas pulsadas". -- Las primeras están asociadas con los instrumentos para transmisión de comunicaciones y de productos comerciales, mientras que las microondas pulsadas se asocian con el radar y con el equipo médico e industrial.

La absorción de la energía de las microondas depende directamente de las propiedades eléctricas del medio que las absorbe, específicamente de su constante dieléctrica y de su conductividad. 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 adyacentes produciendo un calentamiento general en todo el medio. El valor de la energía de un quantum de microondas (4×10^{-4} a 1.2×10^{-6} eV) es demasiado bajo para producir el tipo de excitación necesario para la ionización, no importando cuantos quanta sean absorbidos.

A.III.3. Efectos biológicos de las microondas.

Los campos electromagnéticos producidos por las microondas tienen un significado biológico especial, ya que estos pueden ser rápidamente transmitidos a través de, absorbidos por y reflejados por los límites de los tejidos vivos, en varios grados, dependiendo del tamaño del cuerpo, propiedades del tejido y de la frecuencia.

El efecto de las microondas sobre los sistemas biológicos puede clasificarse en: los efectos "térmicos" y los llamados efectos "no térmicos".

1). - Efectos térmicos. - De los efectos producidos por las microondas este es el que más se ha investigado. Este efecto es debido a la absorción de la energía que penetra en los tejidos, la cual es transformada en un incremento en la energía cinética de las moléculas, produciendo de este modo un calentamiento general del medio conocido como "calentamiento volumétrico", el cual es completamente diferente al llamado "calentamiento por conducción". Este calentamiento resulta de la conducción iónica y de la vibración de las moléculas dipolares del agua y de las proteínas. La energía así absorbida por los tejidos puede producir un aumento en la temperatura, lo cual depende del mecanismo de enfriamiento del tejido o del organismo. Los patrones de los campos electromagnéticos que producen el calentamiento son funciones complejas de la frecuencia, configuración de la fuente, geometría del tejido y de las propiedades eléctricas. Los patrones de temperatura son modificados además por las propiedades térmicas del tejido y los mecanismos circulatorios. Cuando la capacidad de enfriamiento del sistema biológico o de partes de él es excedida, los tejidos son dañados y puede sobrevenir la

la muerte; ésto sucede cuando los niveles de energía absorbidos están por encima del poder metabólico del sistema para eliminarlos. La muerte también puede resultar por la difusión del calor a través del sistema vascular. Conforme la energía absorbida se incrementa, invariablemente el mecanismo protector que controla el calor corporal se descompensa, resultando así un aumento incontrolado en la temperatura del cuerpo.

El patrón de absorción o de calentamiento inducido por las microondas sobre los organismos vivos puede no ser uniforme, y dependiente de las propiedades dieléctricas del tejido. Así, la absorción es grande y la profundidad de penetración es baja en los tejidos con alto contenido de agua, tales como los músculos, tejido nervioso, vísceras, y piel, -- mientras que el orden de magnitud de la absorción es mucho menor y la profundidad de penetración mucho mayor en los tejidos con bajo contenido de agua tales como el tejido graso y el óseo. La reflexión entre las interfases que separan a los tejidos de alto y bajo contenido de agua pueden producir "ondas permanentes", acompañadas de "puntos de calentamiento", que pueden ser máximos en cualquier tejido independientemente de su constante dieléctrica o de su conductividad. Estas quemaduras debidas a las microondas tienden a ser profundas, semejantes a quemaduras de cuarto grado, debido a la profunda penetración de la energía. Los tejidos con pobre circulación sanguínea o regulación térmica son más vulnerables. Efectos dañinos pueden ocurrir a diferentes temperaturas dependiendo del tejido en sí, como es el daño producido a los testículos de los mamíferos por el incremento de la temperatura en unos cuantos grados.

2). - Efectos no térmicos. - El término efectos "no térmicos" se relaciona con todos aquellos que no están asociados con un incremento en la temperatura. Uno de estos efectos es debido a las fuerzas actuantes sobre las partículas suspendidas tales como almidón, eritrocitos, o leucocitos, puestos en un campo de microondas; este es el llamado efecto de "perlas en cadena", las cadenas de partículas se forman paralelamente a las líneas de fuerza eléctrica. La formación de estas cadenas se debe a la atracción entre las partículas, en las cuales las cargas dipolares son inducidas por el campo.

Otro efecto no térmico, es la saturación dieléctrica que ocurre en las soluciones de proteínas y otras macromoléculas biológicas debido al intenso campo producido por las microondas. Se ha establecido que tales campos pueden causar cadenas laterales polarizadas en las macromoléculas alineadas en la dirección del campo eléctrico, lo cual conduce a un posible rompimiento de los enlaces de hidrógeno y a la alteración de la zona de hidratación. Tales efectos pueden causar desnaturalización o coagulación de estas moléculas.

Un efecto muy interesante que se ha registrado, es la audición de los sonidos correspondientes a las frecuencias de las microondas por -- gente expuesta a ellas al laborar en los aparatos de radar, también se han reportado respuestas neuromusculares en los pájaros expuestos a los campos de microondas, así como la reacción a dichos campos electromagnéticos por organismos tales como las bacterias, planarias y caracoles.

Se ha reportado además que las microondas pueden alterar la estruc

tura de las células nerviosas, y cambiar la velocidad de conducción de los potenciales de acción en estas mismas células. Otros reportes indican daños celulares a nivel subcelular, daños cromosómicos, aumento de la permeabilidad de la membrana celular, disminución de la fagocitosis, la formación de células atípicas, y la inhibición del crecimiento celular. En ciertos casos, las microondas pueden estimular a los linfocitos humanos in vitro, para dividirse y diferenciarse.

A.III.4. Usos de las microondas.

La ciencia y la tecnología de los sistemas de microondas ha experimentado un rápido desarrollo desde la invención del radar. Actualmente la técnica de las microondas está siendo adaptada cada vez a un mayor número de aplicaciones, tales como la Radio Astronomía, en las comunicaciones a larga distancia, en la navegación aérea y marítima, en el estudio de las propiedades físicas y químicas de la materia, en la industria, en aplicaciones militares, en la medicina, y aún se ha adaptado para el uso del público a manera de hornos de cocina.

B. MATERIAL Y METODO

Los cultivos para la obtención del material biológico necesario, fueron elaborados en el laboratorio de Entomología del Instituto de Biología, de la U.N.A.M.. Estos cultivos se prepararon en frascos de 1000 ml. de capacidad, en los cuales se colocaron 250 gr. de maíz cacahuazintle que previamente había sido tratado en la siguiente forma: primeramente se procedió a desinfestar el grano, para lo cual se le mantuvo almacenado en congelación por un período de diez días; posteriormente el grano fué sometido a lavado en agua corriente y jabón para eliminar cualquier residuo tóxico que pudiera contener, después de lo cual se le enjuagó perfectamente con agua corriente; una vez que estuvo bien lavado el grano, fué puesto a secar bajo el sol, hasta que éste alcanzó una humedad relativa del 13%, la cual fué medida en un Steinlite RCT-B. Una vez listos los frascos con el maíz, se introdujo en cada uno un total de 50 adultos de la palomilla. Cada frasco fué etiquetado para su fácil identificación, escribiendo los siguientes datos:

- a) Género y especie del organismo.
- b) Fecha de preparación del cultivo.
- c) Número de adultos introducidos.
- d) Fechas probables para la obtención de los estados inmaduros.

Todos los frascos con los insectos se mantuvieron en una cámara de cultivo a una temperatura promedio de $24 \pm 4^{\circ}\text{C}$ y una humedad relativa de $66 \pm 4\%$.

Para la irradiación de los organismos se empleó un Horno de Microondas comercial marca "Panasonic", modelo NE - 5610, el cual tiene las siguientes especificaciones técnicas:

Fuente de poder	115 volts, 60 hertz.
Potencia	(alta) 500 watts, (baja) 245 watts.
Poder de consumo	9.9 amperes, 1120 watts.
Frecuencia de operación	2450 megahertz.
Reloj	30 minutos.

Todas las muestras irradiadas fueron colocadas en la parte central del horno, y siempre se utilizó la potencia de 500 watts.

En esta experiencia se utilizó un diseño de bloques al azar el cual consiste en tomar muestras de diferentes poblaciones (de diferentes frascos). Se emplearon seis dosis diferentes, las cuales están dadas en razón del tiempo de exposición a la fuente de microondas, y fueron: 20, 40, 60, 80, 100 y 120 segundos; todas las dosis fueron aplicadas a cada uno de los estados del desarrollo del insecto, es decir, a huevecillos, larvas, pupas y adultos. En cada dosis se realizaron cuatro repeticiones y un testigo, el cual se manipuló igual que los experimentales y únicamente no fué sometido a la radiación.

Para cada experimento y en cada una de las repeticiones fueron empleados 30 individuos, lo cual arroja el uso de 150 individuos por dosis, 900 individuos por estado de desarrollo y un total de 3600 individuos.

Después de su irradiación los organismos fueron revisados a diferentes intervalos de tiempo, de acuerdo a su estado de desarrollo, y se cuantificó el número de organismos vivos y muertos en cada una de las repeticiones y en los testigos. Las revisiones fueron de la siguiente forma:

Huevecillos. - 10, 20, 30, 40, 50, 60 y 70 días.

Larvas. - 10, 20, 30, 40, 50 y 60 días.

Pupas. - 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22 y 24 días.

Adultos. - Inmediatamente a la irradiación, y a los 3, 6, 9 y 12 días.

Con respecto a la obtención de los diferentes estados del desarrollo del insecto, se procedió de la manera que se menciona a continuación:

Huevecillos. - Estos fueron obtenidos por el método de Mills (Mills, R.B. 1965); en éste es usado un recipiente transparente, con tapa, en la cual se halla una perforación y una ranura. La perforación es utilizada para la introducción de los adultos que van a ovipositar, y es cerrada mediante un tapón de hule. La ranura sirve para introducir al frasco el dispositivo de oviposición, el cual consta de dos tiras de cartulina unidas entre sí por una grapa metálica y un pedazo de cinta adhesiva; los huevecillos son depositados entre las dos tiras de cartulina y, así, se colectan de éstas.

En los frascos se colocaron 50 insectos adultos y después de 5 días

se extrajo el dispositivo para oviposición; se prepararon los lotes contando la cartulina con el número de huevecillos adecuado bajo el microscopio.

Preparados los lotes se procedió a la irradiación, para lo cual las cartulinas con los huevecillos se colocaron dentro de frascos de plástico con capacidad de 40 ml.

Después de la irradiación fueron agregados 15 gr. de maíz cacahuazintle en cada frasco y se colocaron dentro de la estufa hasta que tocara la revisión correspondiente.

Larvas. - Este estado del desarrollo del insecto fué obtenido directamente del grano infestado de los cultivos. Se preparaba el cultivo de la manera que ya ha sido descrita, y a los 20 días después de la iniciación del cultivo ya era posible su obtención.

Debido a que todo el estado larval transcurre dentro del grano, - fué necesario extraer las larvas de éste, para lo cual se procedió a partir del grano con la ayuda de un bisturí. Una vez localizado el organismo se extrajo con la ayuda de un pincel o de una aguja de disección con la cual se le punzaba ligeramente para obligarlo a salir.

Las larvas así obtenidas, también fueron colocadas en los frascos de plástico (40 ml), después de lo cual se procedió a su tratamiento.

Posteriormente a la irradiación, se suministraron 15 gr. de maíz -

cacahuazintle por frasco y se mantuvieron en la cámara de cultivo hasta el tiempo de su revisión.

Pupas. - La obtención de las pupas fué muy similar a la de las -- larvas, pues al igual que en el caso anterior tuvieron que ser extraídas del interior del grano. Este estado fué obtenido después de 35 días de la iniciación de los cultivos.

Extraídas las pupas, se les colocó en los frascos de plástico (40 ml) y se irradiaron. Como este estado no necesita alimentarse, no fué - necesario adicionar maíz después de la irradiación.

Del mismo modo que en los casos anteriores, se mantuvieron en la cámara de cultivo hasta que se realizaba su revisión correspondiente.

Adultos. - Los adultos fueron obtenidos directamente de los frascos de cultivo, con la ayuda de un aspirador, e inmediatamente introducidos a los frascos de plástico (40 ml); posteriormente se procedió a - su irradiación. Después de irradiados, los frascos con los adultos se - pusieron en la cámara de cultivo hasta su correspondiente revisión.

Tocando ya otro aspecto, además de la exposición del insecto a las microondas, también se sometieron a esta fuente de energía, los granos de maíz cacahuazintle, para saber en que forma eran afectados, ya fuera en su composición química, su viabilidad o germinación.

El análisis químico del maíz tanto irradiado, como no irradiado -

fué realizado por el método A.O.A.C. en base seca. Por este método se determinó proteína cruda, extracto etéreo, cenizas, fibra cruda y extracto libre de nitrógeno.

La viabilidad de las semillas de maíz se determinó utilizando el método del Tetrazolio (Cloruro de 2,3,5 trifeniltetrazolio). Para ello, se dejan remojar las semillas durante 24 horas y después de este lapso se parten a la mitad (partiendo el embrión en dos partes iguales) con una navaja; un medio de cada semilla es colocada sobre papel filtro impregnado de la solución de Tetrazolio, teniendo cuidado de que el embrión quede en contacto con dicha solución. Realizando lo anterior, se espera de 20 a 30 minutos. Pasado este tiempo se revisan las semillas en la parte correspondiente al embrión, si ha tomado una coloración rojiza, esto indicará que la semilla era viable, si no se colorea, es señal de que el embrión de la semilla estaba muerto. Por este método fueron tratadas 100 semillas por cada dosis y 100 semillas no irradiadas (testigo).

En la determinación de la germinación de las semillas de maíz cacahuazintle, fueron utilizadas 100 semillas para cada dosis y 100 semillas para el testigo. En este caso las semillas fueron puestas a germinar en cajas de Petri, en cuyo fondo se puso papel filtro húmedo; colocando 25 semillas por cada caja y después cubriéndolas con otro pedazo de papel filtro húmedo. Algunas de las semillas que germinaron por este método fueron sembradas en macetas para observar si su desarrollo era normal o no.

Tanto para la determinación de la viabilidad, como para la germinación, se contó el número de semillas que eran viables o que habían ger-

minado.

Los resultados obtenidos de la irradiación del insecto se analizaron estadísticamente por la prueba de "F" de varianza y los resultados obtenidos de las pruebas de germinación y de viabilidad fueron sometidos a una prueba de "t" de student para variables discretas.

C. RESULTADOS

La exposición de los diferentes estados del desarrollo de la palomilla dorada de los granos Sitotroga cerealella (Oliv.) a la fuente de microondas arroja los resultados que se mencionan a continuación.

Primeramente tenemos los que se expresan en las tablas y gráficas en donde se muestran los porcentajes de supervivencia a través del ciclo de vida completo de la palomilla, en las gráficas se representa el porcentaje de supervivencia de los organismos después de ser tratados en los estados de huevo, larva, pupa y adulto. Las líneas que separan a los diferentes estados representan el momento en el cual el mayor porcentaje de los individuos se encontraban dentro de dicho estado de desarrollo, no implicándose al 100 % de los organismos.

Tanto en la tabla 1 como en la gráfica 1, se puede apreciar que el tiempo de exposición a las microondas que se necesitó para producir un 100% de mortalidad en los huevecillos, fué de 100 y 120 segundos, ya que al ser revisados éstos a los 10 días después del tratamiento, se hizo patente que no hubo eclosión. Fué, además notorio, que en ambos casos los huevecillos presentan deshidratación como principal efecto de la acción de las microondas sobre ellos. En la dosis correspondiente a 80 segundos, se encontró que aunque la mayoría de los huevecillos presenta un aspecto semejante al de los tratados en 100 y 120 segundos, hubo un 1.67% de eclosión de los mismos, sin embargo, las larvas que provienen de estos huevecillos, no fueron viables, ya que a los 20 días después del tratamiento se llegó a un 100% de mortalidad. En todos los demás casos en los que fueron tratados los huevecillos (20, 40 y 60 segun

cos), no se llegó a la total mortandad, ya que incluso hubo individuos que fueron capaces de alcanzar los diferentes estados del desarrollo y llegar a ser adultos. También se puede apreciar que en el intervalo de tiempo que comprende desde inmediatamente después del tratamiento hasta los 20 días después, existe una marcada disminución en el porcentaje de supervivencia, tanto en el testigo como en los casos que comprenden un tiempo de exposición de 20, 40, y 60 segundos; aunque esta disminución en el testigo puede ser debida a la mortalidad natural, la disminución del porcentaje siempre fué mayor en los casos tratados ya que es debida al factor con que fueron tratados. En el intervalo de tiempo que vá de los 20 a los 40 días después de la irradiación, tanto en los casos sometidos a exposición de 20, 40, y 60 segundos, como en el testigo, se observa que el porcentaje de supervivencia permanece constante o disminuye muy ligeramente. Finalmente en el período de tiempo que va de los 40 a los 70 días posteriores a la irradiación, se aprecia nuevamente una caída en dicho porcentaje, la cual llega hasta el 100% de mortalidad, aunque esta caída no es tan marcada como en el intervalo de tiempo de inmediatamente después de la irradiación a los 20 días después del tratamiento.

Con respecto a otro aspecto de la irradiación del estado de huevo-cillo, en la tabla II se presenta la velocidad con que disminuye el porcentaje de supervivencia. En ésta, se aprecia que la mayor velocidad se registra inmediatamente después del tratamiento, además como se puede ver, ésta velocidad se incrementa en relación al testigo conforme aumenta el tiempo de exposición al factor con que fueron tratados. En los subsecuentes intervalos de tiempo, la velocidad en la disminución del -

porcentaje de supervivencia fué muy similar entre el testigo y los diferentes tratamientos, y aún en algunos casos ésta velocidad llega a ser ligeramente mayor en el testigo que en los casos en que los huevecillos fueron tratados.

Por otra parte, en la gráfica número 2 se presentan los valores obtenidos para las dosis letales calculadas a los 10 días; teniendo una dosis letal media (DL_{50}) de 35 segundos de exposición a las microondas y para la dosis letal cien (DL_{100}) se tuvo un valor de 100 segundos.

Con relación a los resultados obtenidos de la exposición del estado larvario a las microondas, la tabla III y la gráfica número 3 muestran el porcentaje de supervivencia desde su tratamiento hasta que el estado adulto finalizó. En ambas se puede apreciar que para este estado del desarrollo una mortalidad del 100% solo se logró a los 120 segundos de exposición a la radiación, las larvas sometidas a ésta dosis muestran una deshidratación como principal efecto.

Además, se pudo observar en las demás dosis, que fueron más afectadas las larvas menos desarrolladas que aquellas que estaban a punto de terminar su estado larval, es decir, las de los últimos estadios. Por otra parte, se puede apreciar que la mortalidad en el testigo a los 10 días fué del 62.5%, la cual se puede deber tanto a la mortalidad natural como al efecto de la manipulación; sin embargo, en los casos en que las larvas fueron tratadas, la mortalidad siempre fué mayor que la encontrada en el testigo, ya que por ejemplo la mortalidad en el caso de una exposición de 20 segundos fué del 79.17% y mayor para los tiempos de expo

sición correspondientes a los 40, 60, 80 y 100 segundos, hasta llegar al 100% de mortalidad con un tiempo de exposición de 120 segundos en el mismo tiempo (10 días). Como caso particular, se puede apreciar que en la dosis de 80 segundos, existe un mayor porcentaje de supervivencia en relación a las dosis de 40 y 60 segundos. Del 10o. al 20o. día después del tratamiento, tanto en el testigo como en los diferentes tratamientos se puede apreciar una estabilización del porcentaje de supervivencia, mientras que en el período de tiempo que va de los 20 a los 30 días después de la irradiación, se aprecia que en el testigo comienza una marcada caída de la supervivencia, la cual continúa hasta que finalmente mueren los adultos; no ocurriendo así en los casos tratados, ya que en éstos, durante el período de los 20 a los 30 días después de la irradiación, dicho porcentaje permanece constante o disminuye muy ligeramente, y la caída de la curva comienza hasta el período que va de los 30 a los 40 días, principalmente en la dosis de 20 segundos, la cual termina con la muerte de los adultos.

Los resultados de la velocidad con que disminuye el porcentaje de supervivencia puede ser visto en la tabla IV; al igual que en el caso de los huevecillos ésta es muy acentuada en el intervalo de tiempo que va desde el instante posterior al tratamiento hasta los 10 días después de éste. En el testigo se registra la velocidad más baja, y en el caso de los diferentes tratamientos conforme aumenta el tiempo de exposición aumenta la velocidad con que disminuye la supervivencia, con excepción de la dosis de 80 segundos. En el intervalo de tiempo que va de los 10 a los 20 días esta velocidad es nula tanto en el testigo como a un tiempo de exposición de 100 segundos, y es muy baja en los demás casos; ---

mientras que en los intervalos que van de los 20 a los 60 días ésta velocidad siempre fué mayor en el testigo que en los diferentes tratamientos en los que aún había supervivientes.

Con referencia a los valores de dosis letal media (DL₅₀) (Gráfica número 4) a los diez días después del tratamiento tenemos que es de 10-segundos de exposición a las microondas, mientras que para lograr la dosis letal cien (DL₁₀₀) el valor estimado es de 110 segundos.

Para el estado pupal, los resultados relativos al porcentaje de su pervivencia se presentan en la tabla V y en la gráfica número 5. A semejanza con los dos previos estados del desarrollo del insecto, se siguió el ciclo de vida a partir del estado en que se sometía a tratamiento el insecto, hasta que finalmente morían los adultos. Tanto en esta tabla - como en la gráfica, se puede observar la muy baja mortalidad que existió en las pupas testigo hasta los 12 días, siendo hasta este tiempo solo - del 4.17%; mientras que para las diferentes dosis, comenzando por la de 20 segundos a los doce días después del tratamiento la mortalidad alcanzaba un valor del 31.67%, en la dosis de 40 segundos el valor de la mortalidad es de 95% y en la dosis de 60 segundos la mortalidad representa el 99.17%. Para este mismo tiempo, en las dosis correspondientes a los 80, 100 y 120 segundos ya ha sido alcanzado un 100% de mortalidad, la - cual se ha logrado a los 6 días después del tratamiento en la dosis de- 80 segundos, y a los 2 días en las dosis de 100 y 120 segundos, mostrando las pupas una fuerte deshidratación en éstas tres últimas dosis. Después de los 12 días en el testigo se observa una caída sumamente pronunciada en el porcentaje de supervivencia hasta que se llega a una mortalidad

talidad del 99.17% a los 24 días. En contraste, en la dosis de 20 segundos, de los 12 a los 14 días sólo ocurre una pequeña disminución en el porcentaje de supervivencia, y a partir del día 14, comienza al igual que en el testigo una marcada caída del porcentaje de supervivencia, - hasta que se llega al 100% de mortalidad a los 24 días. En relación a - las dosis que corresponden a los tiempos de exposición de 40 y 60 segundos, se puede apreciar en la gráfica que existe una marcada disminución en el porcentaje de supervivencia en los primeros 6 días después de su tratamiento, después de lo cual, el porcentaje de supervivencia vá decayendo muy lentamente hasta llegar al 100% de mortalidad a los 24 días.

Haciendo referencia a la velocidad con que disminuye el porcentaje de supervivencia, la cual se encuentra en la tabla VI; se aprecia, que en el intervalo de tiempo comprendido de inmediatamente después de la irradiación a los 2 días después de ésta, la velocidad aumenta conforme se incrementa el tiempo en el que las pupas fueron expuestas a la radiación, hasta llegar a las dosis de 100 y 120 segundos, en las cuales se alcanzó la velocidad máxima para éste estado. Dentro del intervalo de tiempo comprendido de los 2 a los 12 días después del tratamiento, - la mayor velocidad se registra para la dosis de 40 segundos; mientras que para el intervalo que va de los 12 a los 24 días, la velocidad en la disminución del porcentaje de supervivencia es mayor en el testigo.

En relación con las dosis letales, estas fueron calculadas igualmente a los 10 días después del tratamiento de las pupas, como se vé en la gráfica número 6, arrojando los valores de 26 y 73 segundos de expo-

sición a la fuente de las microondas, para la dosis letal media (DL₅₀) y para la dosis letal cien (DL₁₀₀) respectivamente.

Finalmente, tenemos los resultados correspondientes al estado adulto, de los cuales, en la tabla VII y en la gráfica número 7 están los resultados relativos a la supervivencia; en estos se observa un alto porcentaje de mortalidad inmediatamente después del tratamiento en todas las dosis, en relación al testigo, ya que en éste último sólo se encontró un 2.5% de mortalidad, debida probablemente a la manipulación de los organismos, y en los lotes tratados la mortalidad vá de un 32.5% en la dosis de 20 segundos, a un 100% en las dosis de 100 y 120 segundos. En el intervalo de tiempo que vá de inmediatamente después del tratamiento hasta los 6 días, se aprecia una acentuada caída en el porcentaje de supervivencia del testigo, para luego aminorar su caída hasta llegar al 100% de mortalidad a los 12 días; sin embargo, el testigo siempre presentó un mayor porcentaje de supervivencia en comparación con las diversas dosis. Por otro lado, se puede ver que la curva perteneciente a la dosis de 20 segundos, presenta un comportamiento muy similar al que presenta la curva del testigo, con excepción del segmento inicial en donde hay una mayor mortalidad debido al tratamiento. En relación con las dosis de 40, 60, y 80 segundos, sus curvas presentan una muy marcada disminución en el porcentaje de supervivencia inmediatamente después de la irradiación, para después ir disminuyendo muy lentamente hasta alcanzar el 100% de mortalidad.

Respecto a la velocidad con que disminuye el porcentaje de supervivencia de los adultos de la palomilla, se puede apreciar en la tabla --

VIII que ésta siempre fué mayor en el testigo que en las dosis.

En cuanto a los valores para las dosis letales (Gráfica número 8) estos se obtuvieron para el instante inmediatamente después de la irradiación, encontrando así el valor de 18.5 segundos para la dosis letal media (DL₅₀) y el de 86 segundos para la dosis letal cien (DL₁₀₀).

En la tabla IX y en la gráfica número 9 se presenta el porcentaje de individuos de la palomilla que alcanzó el estado adulto. Aquí se puede ver claramente que siempre se obtuvo un mayor porcentaje de adultos en los testigos (se indica en el eje vertical de la gráfica), que en cualquiera de las dosis con que fueron tratados los estados inmaduros del insecto; es de notar también, que el porcentaje de adultos que se obtuvo fué disminuyendo conforme el tiempo de exposición a las microondas se incrementaba; con la única excepción de la dosis de 80 segundos en el estado larval. Se observa además que tanto para los huevos como para las pupas, no se registró la emergencia de adultos en las dosis de 80, 100 y 120 segundos, mientras que en las larvas sólo en las dosis de 120 segundos no se presentaron adultos.

Los resultados correspondientes a la irradiación de los granos de maíz con las microondas, son presentados en la tabla X y en la gráfica número 10, en relación a los porcentajes de viabilidad y de germinación y los resultados del análisis químico se encuentran reportados en la tabla XI.

En la tabla X y en la gráfica número 10 se vé que tanto la viabili

dad como la germinación de los granos de maíz fué grandemente afectada por la exposición a las microondas, ya que en las dosis de 80, 100 y 120 segundos se llegó a un valor de cero tanto en el porcentaje de viabilidad, como en el de germinación; además, tanto en éstas dosis como en la de 60 segundos, se observó que durante la exposición a las microondas de los granos de maíz, la mayoría de éstos reventaban debido al calentamiento, proporcionalmente según la dosis aplicada. Por otro lado, se puede decir que en el tratamiento de 20 segundos hubo un efecto mínimo sobre la viabilidad y la germinación, ya que se presentan valores muy similares a los registrados para los testigos. En relación a las dosis de 40 y 60 segundos, éstas tuvieron un efecto dañino mayor sobre la germinación, que sobre la viabilidad de las semillas de maíz, como se aprecia al comparar los resultados entre sí.

De la observación de las plantas obtenidas de la germinación de semillas en las dosis de 20, 40 y 60 segundos, se puede mencionar que, -- aquellas plantas obtenidas de semillas irradiadas muestran un desarrollo menor en cuanto altura en relación al testigo, siendo esto especialmente notable en aquellas obtenidas de la dosis de 60 segundos. También puede notarse que las plantas que se produjeron de las semillas irradiadas durante 20 segundos, muestran su tallo ligeramente más grueso en comparación a los testigos, y además se vió que el testigo presenta una coloración verde más oscuro, que la que presentaban todas las plantas obtenidas de semillas tratadas.

Respecto al análisis químico por el método A.O.A.C. en base seca que se practicó a los granos de maíz irradiados en la dosis más alta ---

(120 segundos), en la más baja (20 segundos) y en los controles, los resultados obtenidos se muestran en la tabla XI. En ellos se aprecia que prácticamente las diferencias que se presentan entre los datos no son muy grandes, pudiéndose decir que no hubo cambios significativos en el valor nutritivo de los granos, debido a su exposición a las microondas.

Finalmente, se puede mencionar que el análisis estadístico que se practicó tanto en la mortalidad de los diferentes estados del desarrollo del insecto, como el practicado para la viabilidad y la germinación de los granos de maíz, siempre fueron altamente significativos ($P > 0.05$).

D. DISCUSION

En relación a los resultados obtenidos de la exposición a las microondas de todos los estados del desarrollo de Sitotroga cerealella (Oliv.), se puede afirmar que este tipo de radiación afecta a los organismos básicamente durante el tiempo en que son expuestos a dicho factor, además se puede apreciar que prácticamente existe una relación inversamente proporcional entre el tiempo de exposición y el porcentaje de supervivencia, o sea, mientras mayor es el tiempo en que los organismos son expuestos a la fuente de las microondas, menor es el porcentaje de supervivencia que se puede encontrar, y viceversa. En aquellos casos en que no se alcanza un 100% de mortalidad, generalmente los organismos que logran sobrevivir llegan a alcanzar el estado adulto, por lo cual se puede afirmar que las microondas llevan a cabo una selección de los organismos más resistentes.

Para todos los casos se pudo observar que el principal efecto de la acción de las microondas sobre los organismos es de tipo térmico, el cual produce una severa deshidratación debida al calentamiento "volumétrico" que se lleva a cabo. No se pudieron observar daños de tipo no térmico, y no se observó ningún efecto posterior sobre los organismos resultantes de los diferentes tratamientos.

Por otra parte, se puede decir que el estado del desarrollo del insecto que presentó una mayor resistencia a la acción del factor con que fueron tratados, fué el estado larval, ya que para producir un 100% de mortalidad en este estado se necesitó exponer a los individuos a la do-

sis con el mayor tiempo, o sea, la correspondiente a 120 segundos; también para éste caso se obtiene el valor más alto en relación a la dosis letal cien (DL_{100}) en comparación a los demás estados del desarrollo. Esta resistencia de las larvas es atribuible a que en este estado el alimento es transformado principalmente en tejido graso, el cual -- será usado posteriormente como fuente de materia prima durante la histolisis e histogénesis que se lleva a cabo en el estado pupal; éste tejido graso sirve como protección a la larva, ya que debido a su menor -- contenido en agua absorbe una menor cantidad de energía proveniente de los quanta de las microondas, y por lo tanto se produce un menor calentamiento. Además en el caso de las larvas se puede apreciar un disparo en los resultados en el caso de la dosis de 80 segundos (Gráfica 3), -- el cual puede deberse a que por azar en ésta dosis se utilizaron una -- gran proporción de larvas que estaban por finalizar su desarrollo, y -- por lo tanto presentaban una mayor resistencia debido a su alto contenido de tejido graso, sin embargo, para el estado larval, también se -- encontró que la dosis letal media (DL_{50}) presenta el valor más bajo -- comparado con los otros estados del desarrollo debido tal vez al hecho de que las larvas más pequeñas son sumamente susceptibles al calentamiento producido por la absorción de la radiación.

Debido a que los huevecillos, pupas y adultos presentan una mayor proporción de tejidos con alto contenido de agua y una menor proporción de tejido graso, los tejidos de los organismos que fueron sometidos a -- la radiación en éstos estados, absorben una mayor cantidad de quanta de energía, produciendo así, una mayor calentamiento; lo cual produce que sea menor el tiempo de exposición necesario para alcanzar un valor del-

100% en la mortalidad de estos estados. Así, para el estado de huevecillo, la dosis letal cien se logra con un tiempo de tratamiento de 100 segundos, debido a su menor contenido en grasas en relación al estado larval, mientras que para el estado pupal y el adulto, los valores obtenidos para ésta dosis letal son muy cercanos, siendo de 73 y 86 segundos de exposición a las microondas respectivamente. Para las diferentes dosis letales media (DL_{50}) ocurre algo semejante a lo que se produce en las dosis letal cien (DL_{100}), ya que para los huevecillos se obtiene el valor más alto, 35 segundos de tratamiento, y para las pupas y adultos los valores son de 26 y 18.5 segundos respectivamente.

Así, dado los diferentes grados de susceptibilidad de los diferentes estados del desarrollo de la palomilla, éstos se pueden enumerar de acuerdo a su resistencia de la siguiente manera:

1. - Larvas.
2. - Huevecillos.
3. - Pupas y adultos.

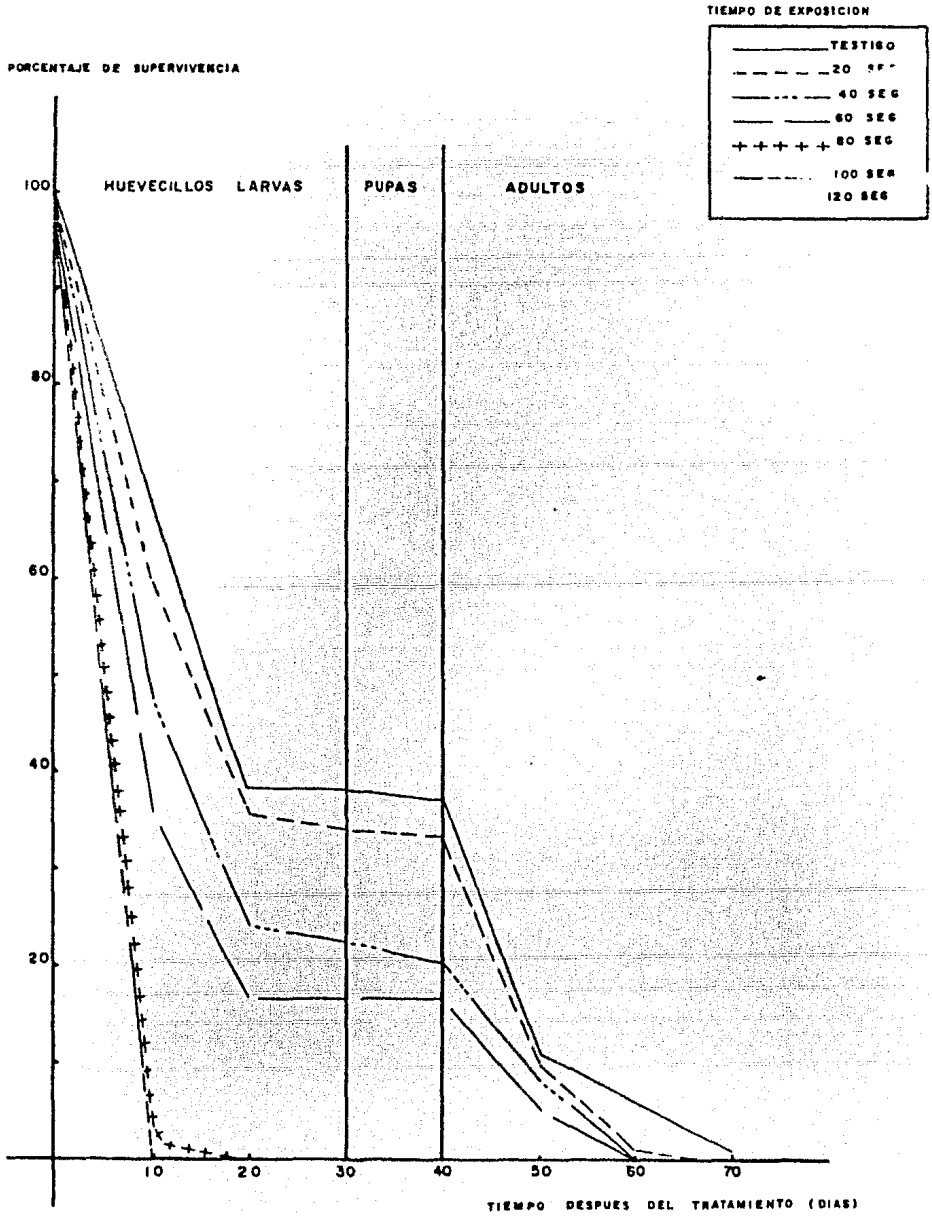
Entrando a otro aspecto, en referencia a los granos que fueron expuestos a las microondas, se puede afirmar que éstos son más susceptibles a ésta radiación que el propio insecto, dado que el 100% muere a un tiempo de exposición en el que todavía no se alcanza el 100% de mortalidad de los diferentes estados del desarrollo de la palomilla. Por otra parte, se puede mencionar que la utilización de éste método físico para el control de ésta palomilla en los granos de maíz, es recomendable solo en el caso de que éstos granos vayan a ser destinados para la alimentación, ya que al ser tratados no se altera su composición química.

ca; ni su valor nutritivo y no es recomendable para aquellos granos que se vayan a destinar para la siembra.

La utilización de éste método para el control de ésta plaga en el grano de maíz que se destinará a la alimentación, se justifica, ya que es mucho más barato en comparación con el costo que implica por ejemplo el tratamiento del grano por medio de radiaciones ionizantes o por la utilización de insecticidas. Presenta además otras ventajas tales como son: Producen la mortandad de los huevecillos, cosa que no es posible por la utilización de insecticidas, no contamina el medio como ocurre con los residuos radioactivos y con los productos químicos que se utilizan como insecticidas; no representa un riesgo muy alto para el personal que labora en ésto y además, éste personal no necesita una preparación especializada para poderlo llevar a cabo.

GRAFICA I

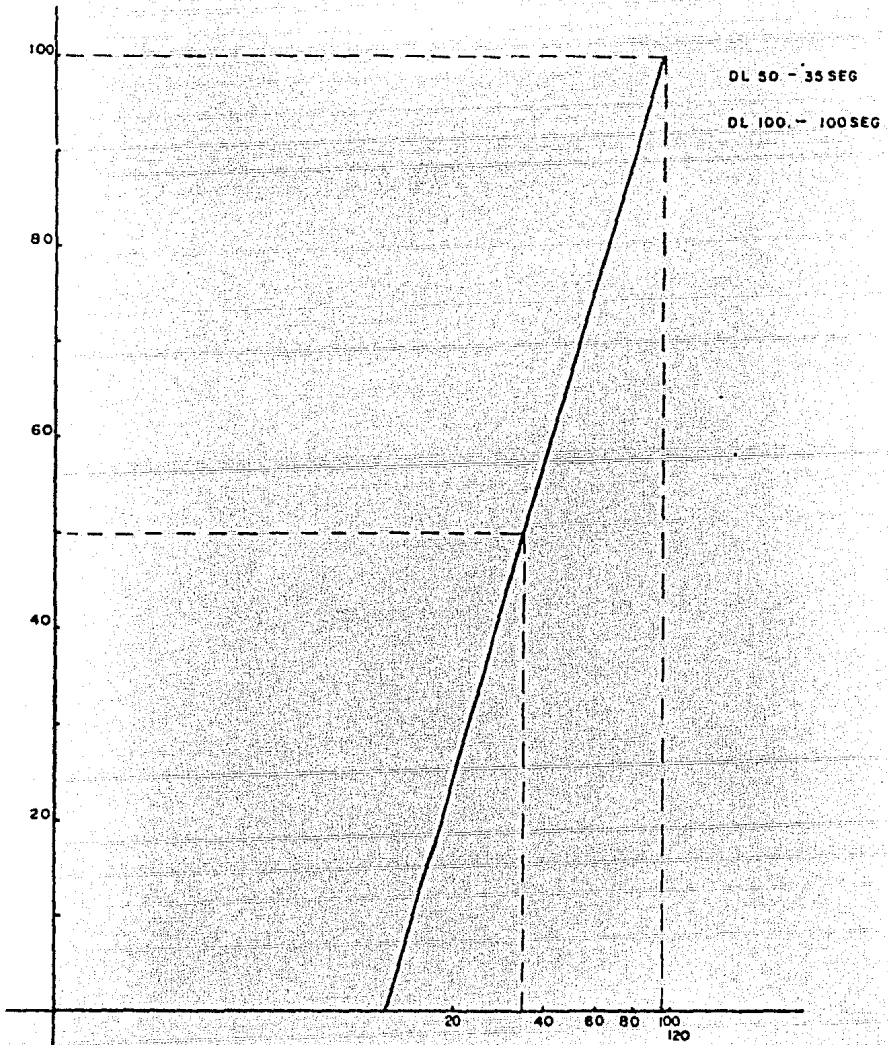
PORCENTAJE DE SUPERVIVENCIA DE HUEVECILLOS DE SITOTROGA CEREALELLA (OLIV.) EXPUESTAS A LAS MICROONDAS



GRAFICA 2

DOSIS LETAL DE HUEVECILLOS DE SITOTROGA CEREALELLA (OLIV.) A LOS 10 DIAS

PORCENTAJE DE MORTALIDAD



LOGARITMO DEL TIEMPO DE EXPOSICION (SEG)

TABLA I

PORCENTAJE DE SUPERVIVENCIA DE HUEVECILLOS DE SITOTROGA CEREALELLA (OLIV.) EXPUESTAS A LA MICROONDAS

		TIEMPO DESPUES DEL TRATAMIENTO (DIAS)					
TIEMPO DE EX- POSICION A LAS MICROONDAS (SEG)	10	20	30	40	50	60	70
20	60.00	35.83	34.17	33.33	10.00	0.83	—
40	47.50	24.17	22.50	20.83	8.33	—	—
60	35.83	16.67	16.67	16.67	5.33	—	—
80	1.67	—	—	—	—	—	—
100	—	—	—	—	—	—	—
120	—	—	—	—	—	—	—
TESTIGO	67.50	38.33	38.33	37.50	10.83	5.83	0.83

TABLA II

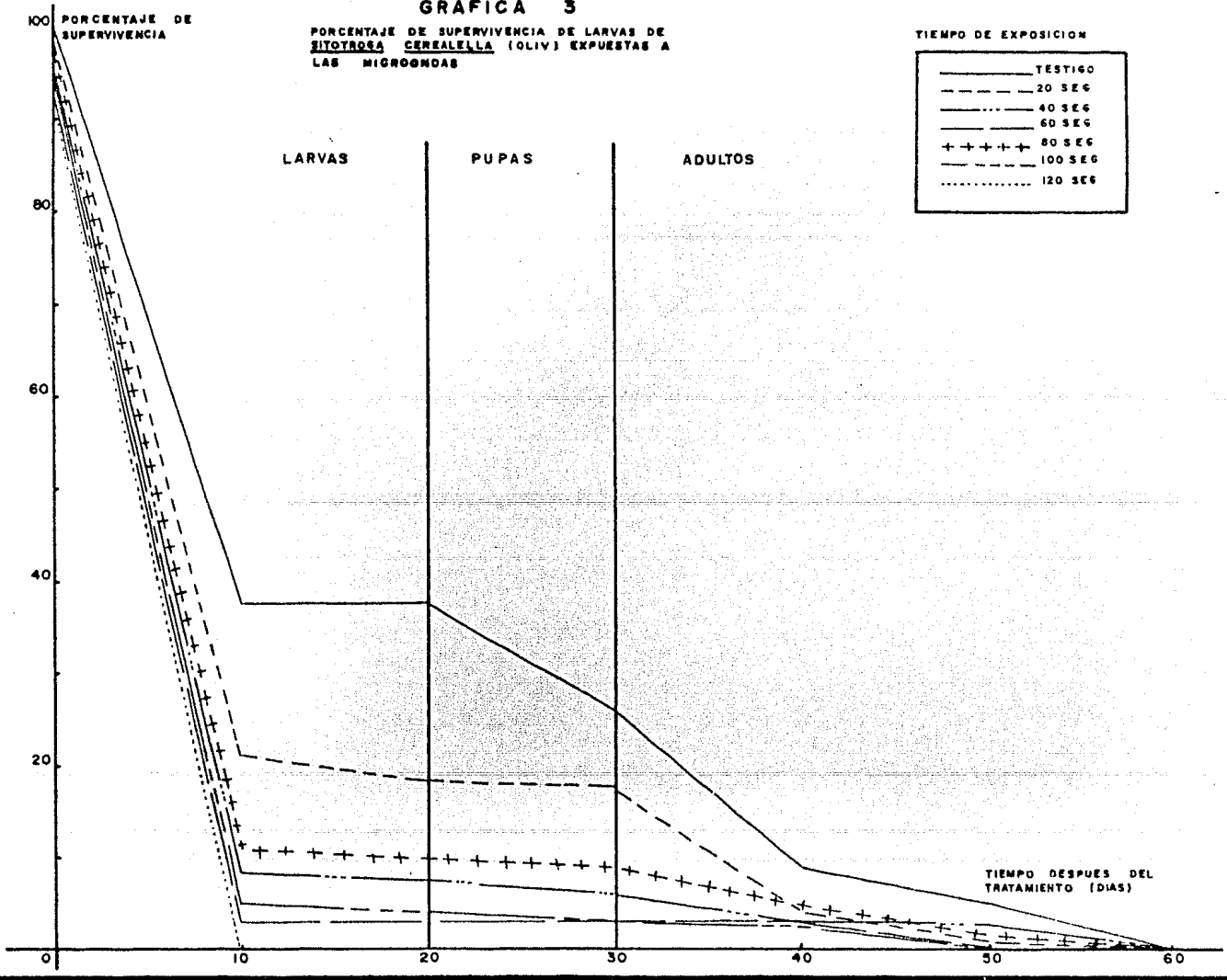
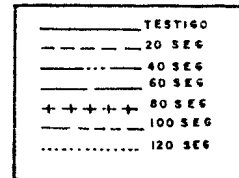
VELOCIDAD DE DISMINUCION DEL PORCENTAJE DE SUPERVIVENCIA DE HUE-
VECELLOS DE SITOTROGA CEREALELLA (OLIV) EN DIFERENTES INTER-
VALOS DE TIEMPO (% / T)

TIEMPO DE EXPOSICION (SEG)	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70
	DIAS	DIAS	DIAS	DIAS	DIAS	DIAS	DIAS
20	4.00	2.42	0.11	0.08	2.33	0.92	0.08
40	5.25	2.33	0.17	0.17	1.25	0.83	—
60	6.42	1.92	0.00	0.00	1.13	0.53	—
80	9.83	0.17	—	—	—	—	—
100	10.00	—	—	—	—	—	—
120	10.00	—	—	—	—	—	—
TESTIGO	3.25	2.92	0.00	0.10	2.67	0.50	0.50

GRAFICA 3

PORCENTAJE DE SUPERVIVENCIA DE LARVAS DE
SITOTROSA CEREALELLA (OLIV) EXPUESTAS A
LAS MICROONDAS

TIEMPO DE EXPOSICION



GRAFICA 4

DOSIS LETAL DE LARVAS DE SITOTROGA CEREALELLA (OLIV) A LOS 10 DIAS

PORCENTAJE DE MORTALIDAD

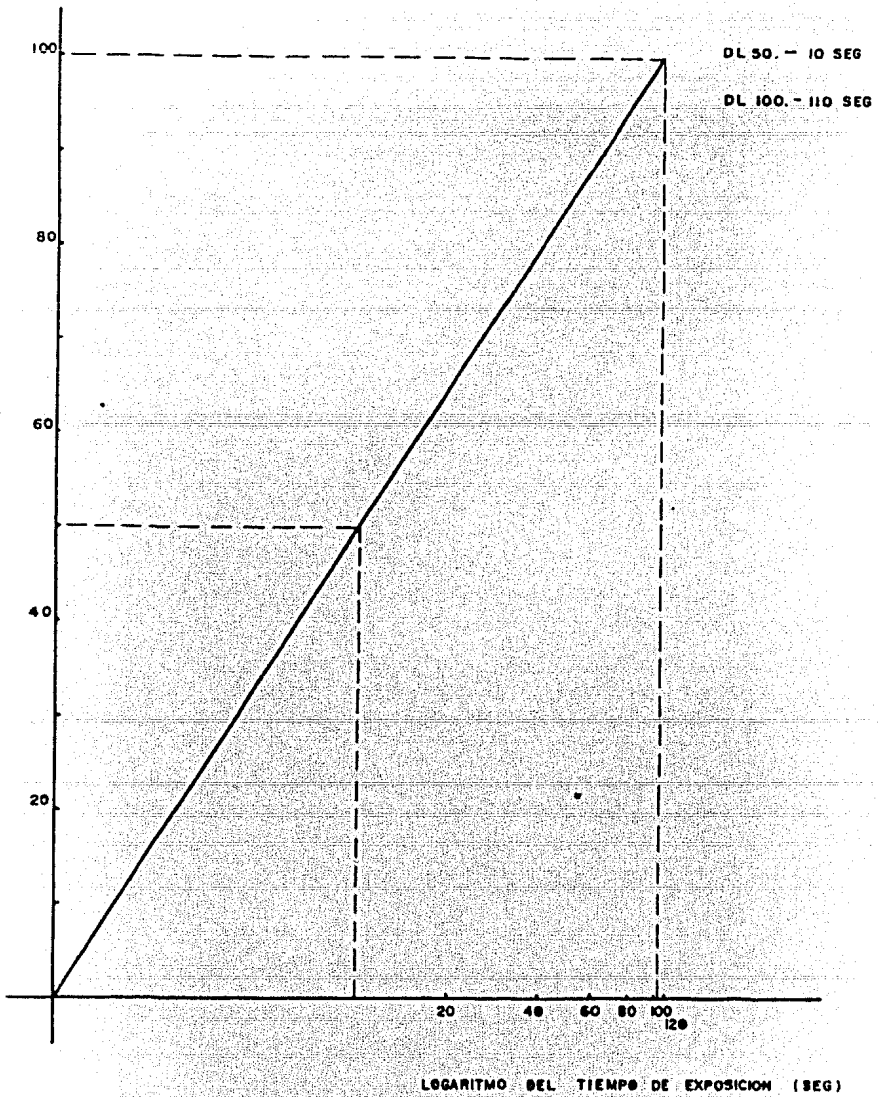


TABLA III

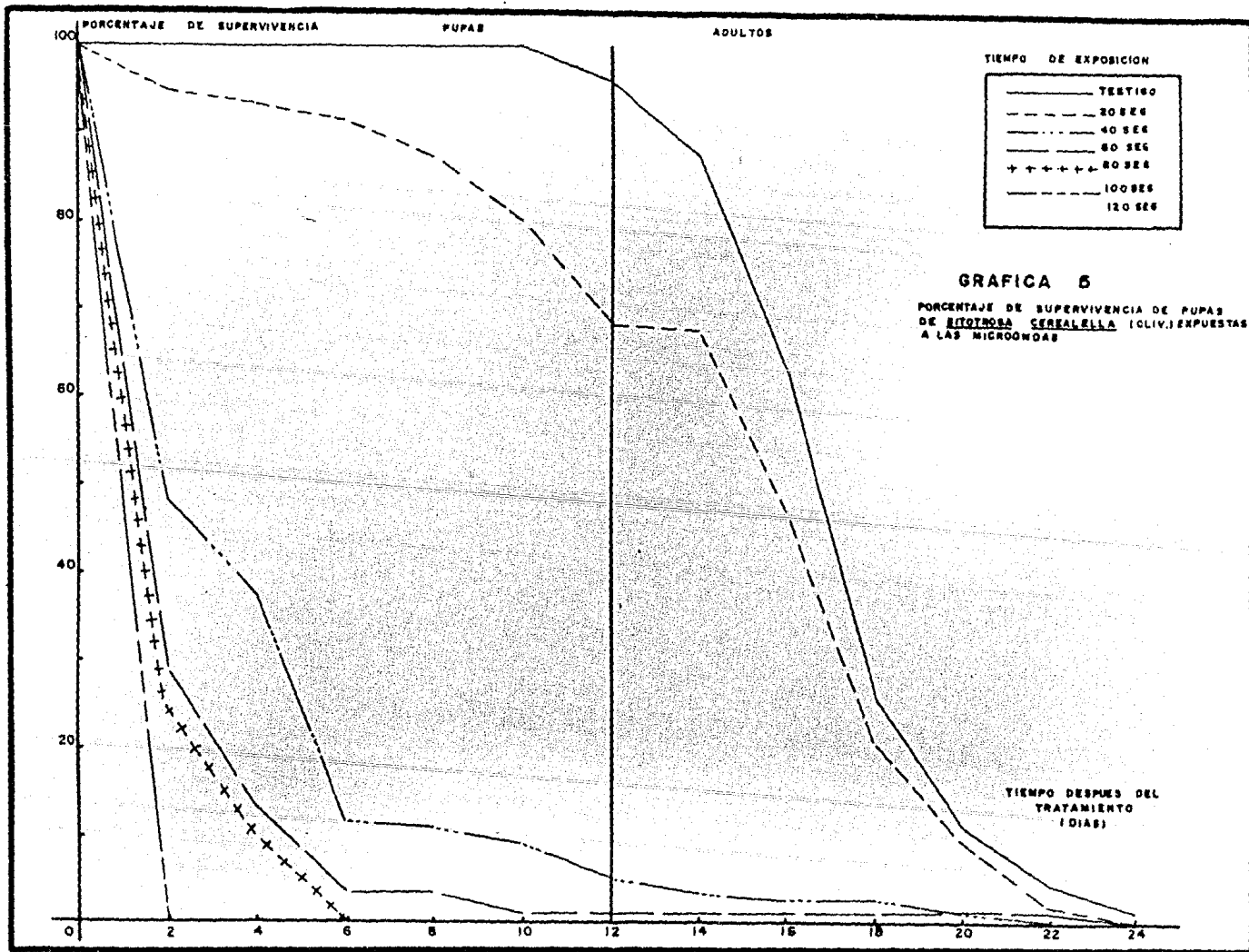
PORCENTAJE DE SUPERVIVENCIA EN LARVAS DE SITOTROGA CEREALELLA (OLIV.) EXPUESTAS A LAS MICROONDAS

TIEMPO DE EXPOSICION A LAS MICROONDAS (SEG)	TIEMPO DESPUES DEL TRATAMIENTO (DIAS)					
	10	20	30	40	50	60
20	20.83	18.33	17.50	4.17	0.83	—
40	8.33	7.50	5.83	3.33	2.50	—
60	5.00	4.17	3.33	2.50	0.83	—
80	10.83	10.00	9.17	5.00	1.67	—
100	3.33	3.33	3.33	3.33	—	—
120	—	—	—	—	—	—
TESTIGO	37.5	37.5	26.67	9.17	5.00	—

TABLA IV

VELOCIDAD DE DISMINUCION DEL PORCENTAJE DE SUPERVIVENCIA DE LARVAS DE SITOTRCSA CEREALIELLA (OLIV.) EN DIFERENTES INTERVALOS DE TIEMPO (% / T)

TIEMPO DE EXPOSICION (SEG)	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60
	DIAS	DIAS	DIAS	DIAS	DIAS	DIAS
20	7.92	0.25	0.08	1.33	0.33	0.08
40	9.17	0.08	0.17	0.25	0.08	0.25
60	9.50	0.08	0.08	0.08	0.17	0.08
80	8.92	0.08	0.08	0.42	0.33	0.17
100	9.67	0.00	0.00	0.00	0.33	—
120	10.00	—	—	—	—	—
TESTIGO	6.25	0.00	1.08	1.75	0.42	0.50



GRAFICA 6

DOSIS LETAL DE PUPAS DE SITOTROGA CEREALELLA (OLIV.) A LOS 10 DIAS

PORCENTAJE DE MORTALIDAD

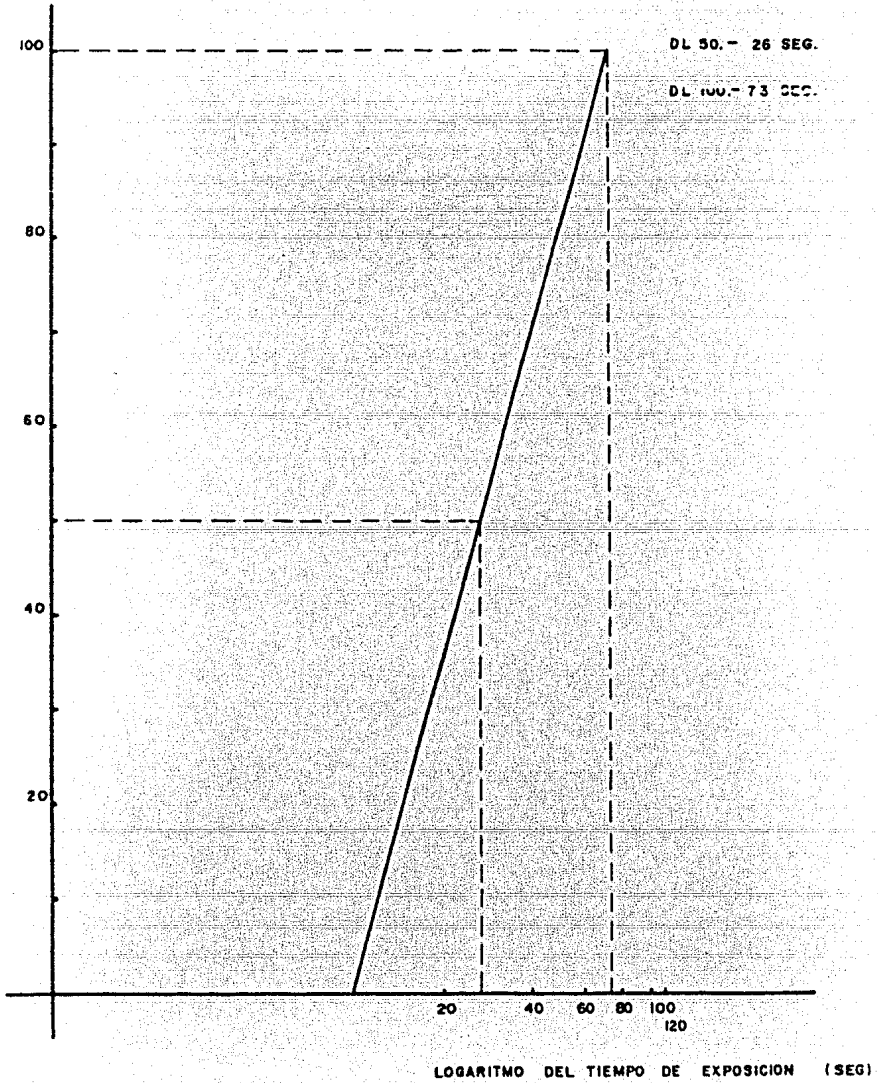


TABLA V
PORCENTAJE DE SUPERVIVENCIA DE PUPAS DE SITOTROGA CEREALELLA (OLIV.) EXPUESTAS A LAS MICROONDAS

TIEMPO DESPUES DEL TRATAMIENTO (DIAS)												
TIEMPO DE EXPOSICION A LAS MICROONDAS (SEG)	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
20	95.00	93.33	91.66	87.50	80.00	68.33	67.50	46.67	20.83	9.17	1.67	—
40	48.33	37.50	11.67	10.83	9.17	5.00	3.33	2.50	2.50	0.83	—	—
60	29.17	13.33	3.33	3.33	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	—
80	24.17	10.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
TESTIGO	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	95.83	87.50	63.33	25.83	10.83	4.17	0.83

TABLA VI

VELOCIDAD DE DISMINUCION DEL PORCENTAJE DE SUPERVIVENCIA DE HUEVECILLOS DE
SITOTROGA CEREALIELLA (OLIV.) EN DIFERENTES INTERVALOS DE TIEMPO (% / T)

TIEMPO DE EXPOSICION (SEG)	0 - 2	2 - 4	4 - 6	6 - 8	8 - 10	10 - 12	12 - 14	14 - 16	16 - 18	18 - 20	20 - 22	22 - 24
	DIAS	DIAS	DIAS	DIAS	DIAS	DIAS	DIAS	DIAS	DIAS	DIAS	DIAS	DIAS
20	2.50	0.84	0.84	2.08	3.75	5.84	0.42	10.42	12.92	5.83	3.75	0.84
40	25.84	5.42	12.92	0.42	0.83	2.08	0.84	0.42	0.00	0.84	0.42	—
60	35.42	7.92	5.00	0.00	1.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.42
80	37.92	7.09	2.50	—	—	—	—	—	—	—	—	—
100	50.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
120	50.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
TESTIGO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.08	4.16	12.08	18.75	7.50	3.33	1.67

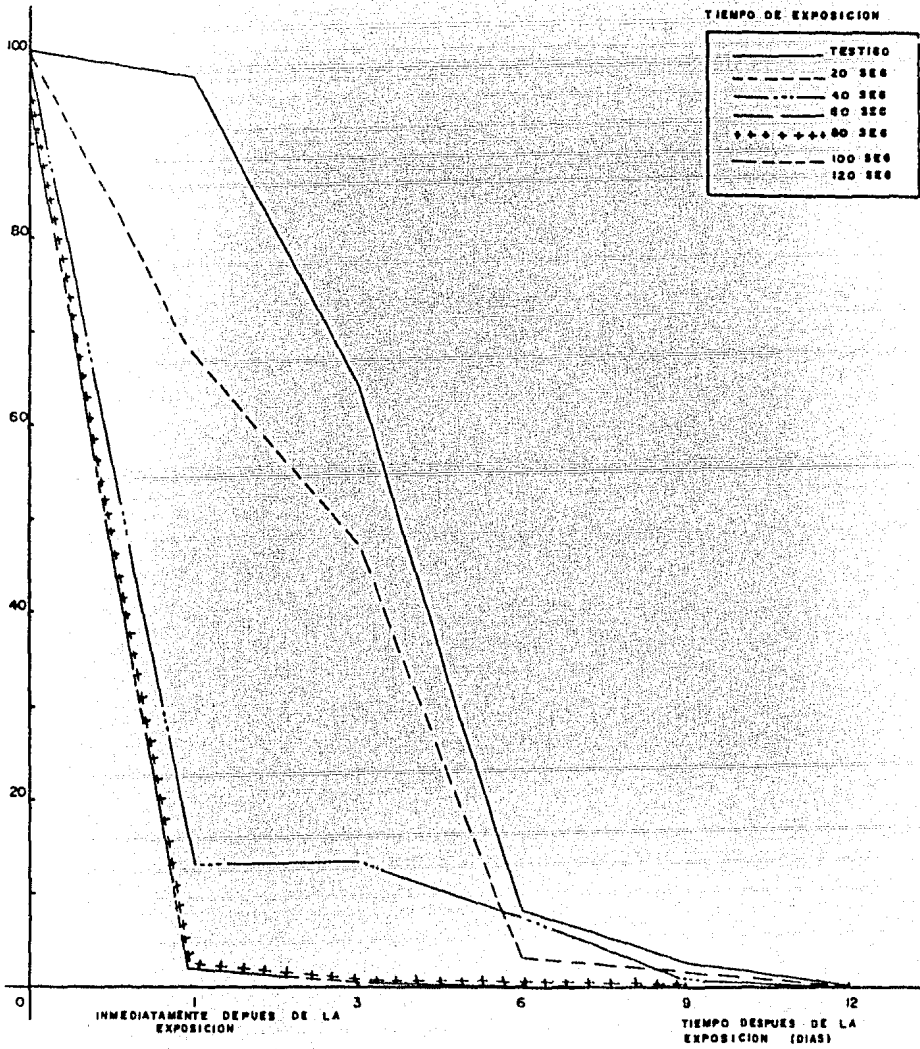
GRAFICA 7

PORCENTAJE DE SUPERVIVENCIA DE ADULTOS DE SITOTROGA CEREALIELLA (OLIV. EXPUESAS A LAS MICROONDAS

PORCENTAJE DE SUPERVIVENCIA

TIEMPO DE EXPOSICION

—	TESTIGO
- - -	20 SEG
— · —	40 SEG
— · — · —	60 SEG
+ + + + +	80 SEG
- - - - -	100 SEG
- - - - -	120 SEG



GRAFICA 8

DOSIS LETAL EN ADULTOS DE SITOTROGA CEREALELLA INMEDIATAMENTE DESPUES DEL TRATAMIENTO

PORCENTAJE DE MORTALIDAD

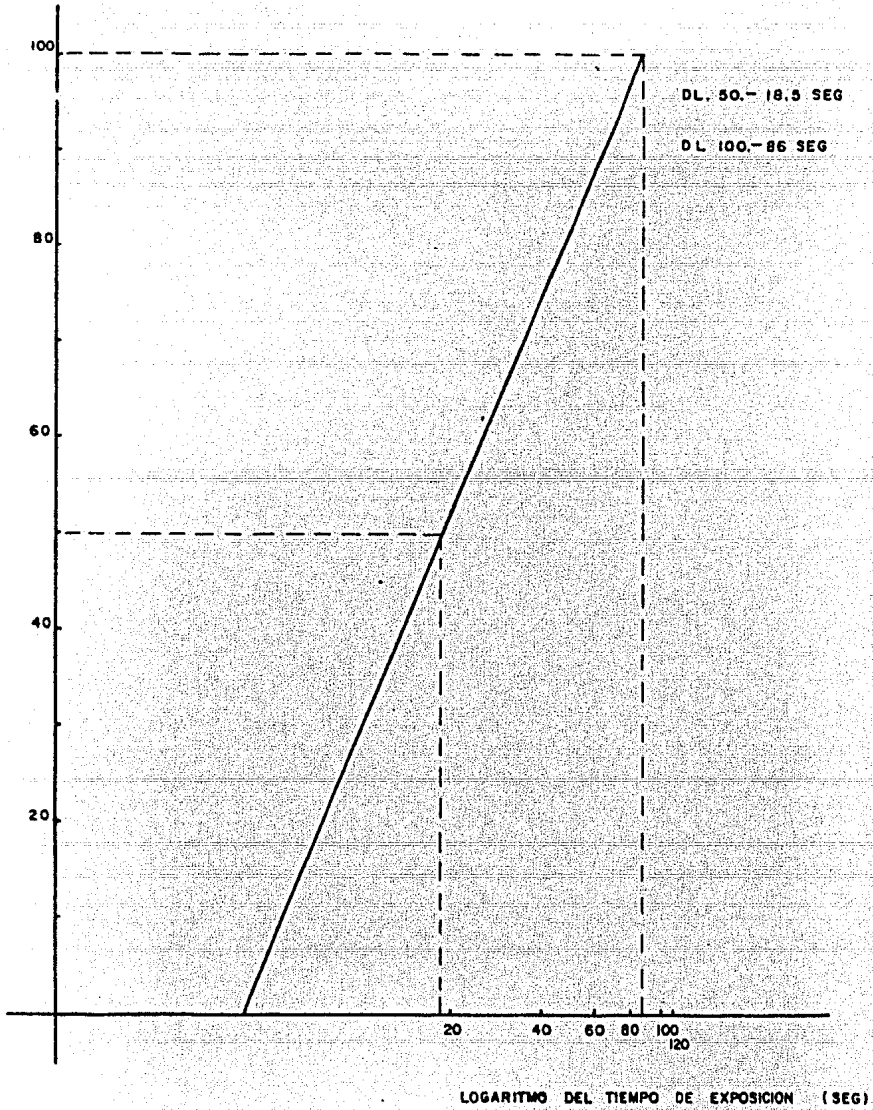


TABLA VII
 PORCENTAJE DE SUPERVIVENCIA DE ADULTOS DE SITOTROGA CEREALELLA (OLIV.) EXPUESTAS A LAS
 MICROONDAS

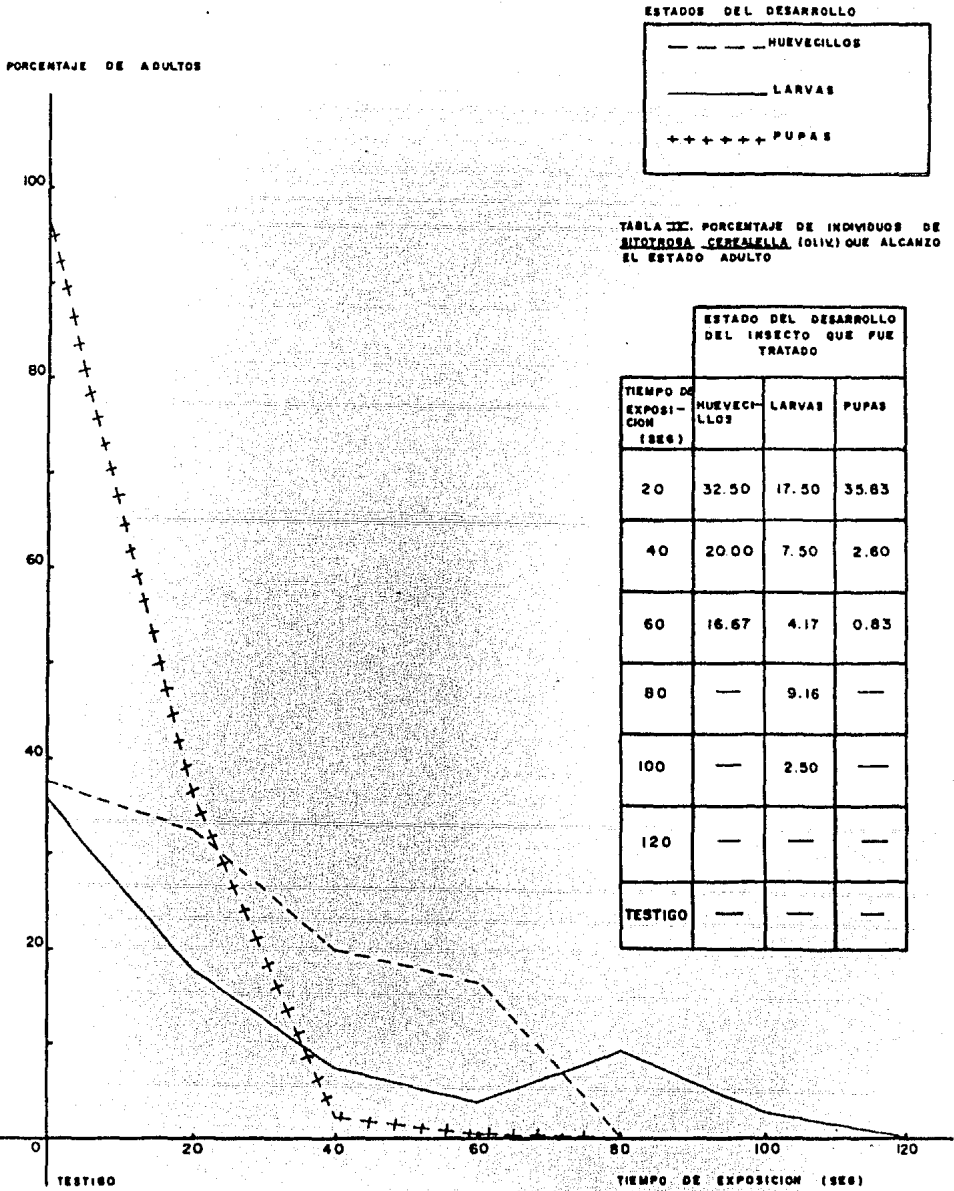
TIEMPO DE EXPOSICION A LAS MICROONDAS (SEG)	TIEMPO DESPUES DEL TRATAMIENTO (DIAS)				
	INMEDIATAMENTE AL TRATAMIENTO	3	6	9	12
20	67.50	47.50	3.33	1.67	—
40	13.33	13.33	7.50	0.83	—
60	2.50	0.83	0.83	—	—
80	2.50	0.83	—	—	—
100	—	—	—	—	—
120	—	—	—	—	—
TESTIGO	97.50	65.00	8.33	2.50	—

TABLA III

VELOCIDAD DE DISMINUCION DEL PORCENTAJE DE SUPERVIVENCIA EN ADULTOS DE <i>SITOTROGA CEREALELLA</i> (OLIV.) EN DIFERENTES INTERVALOS DE TIEMPO (% / T)				
TIEMPO DE EXPOSICION (SEG)	0 - 3 DIAS	3 - 6 DIAS	6 - 9 DIAS	9 - 12 DIAS
20	6.67	14.72	0.55	0.58
40	0.00	1.94	2.22	0.28
60	0.88	0.00	0.28	—
80	0.58	0.28	—	—
100	—	—	—	—
120	—	—	—	—
TESTIGO	10.83	18.89	1.94	0.83

GRAFICA 9

PORCENTAJE DE INDIVIDUOS DE SITOTROGA CEREALELLA (OLIV.) QUE ALCANZO EL ESTADO ADULTO



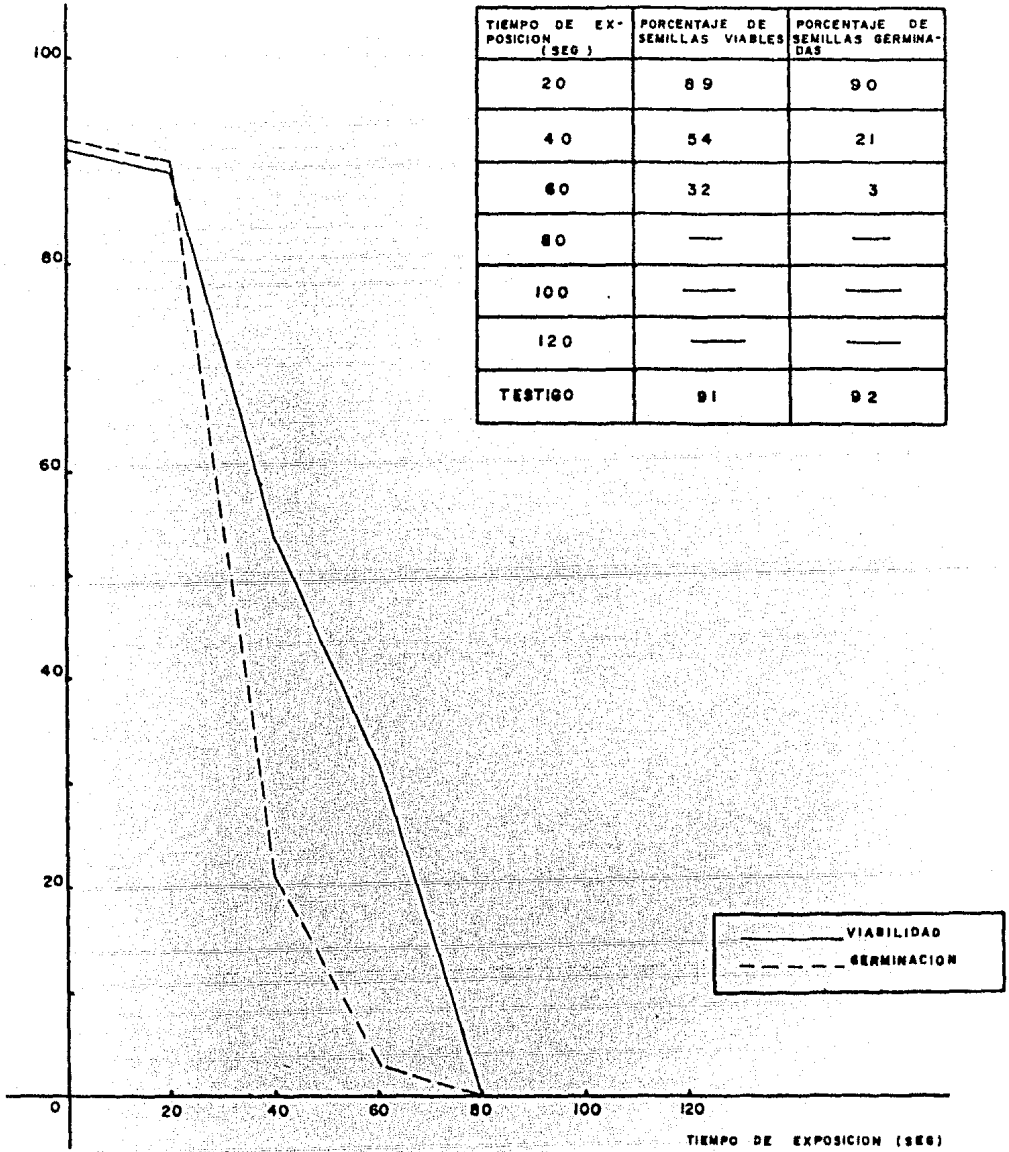
GRAFICA 10

PORCENTAJE DE VIABILIDAD Y GERMINACION DE GRANOS DE MAIZ EXPUESTOS A LAS MICROONDAS

PORCENTAJE DE VIABILIDAD Y GERMINACION

TABLA I

TIEMPO DE EX- POSICION (SEG)	PORCENTAJE DE SEMILLAS VIABLES	PORCENTAJE DE SEMILLAS GERMINA- DAS
20	89	90
40	54	21
60	32	3
80	—	—
100	—	—
120	—	—
TESTIGO	91	92



E. LITERATURA CONSULTADA

- ADLER, V.E. 1960. Effects of low temperatures on the eggs of the Angoumois grain moth, the Indian Meal moth, and the Confused Flour beetle. J. Econ. Entomol., 53 (5): 973-974.
- ALBERT, E. N. and De Santis, M. 1975. Do microwaves alter Nervous System structure ? Ann. N.Y. Acad. Sci., 247: 87-105.
- ALI, J. S. 1972. A microwave power controller for a radiation Bio-effects exposure facility. Environmental Protection Agency, Washington D. C. 38 p.
- ATWATER, H.A. 1962. Introduction to microwave theory. Mc Graw Hill Book Company Inc. New York. 244 p.
- BORROR, D.J. DeLong, D. M. and Triplehorn, Ch. A. 1976. An Introduction to the study of insects. Holt, Rinehart and Winston. New York. 852 p.
- CAVALLI-SFORZA, L. 1961. Analisi statistica per Medici e Biologi e analisi del Dosaggio Biologico. Editore Borinieri. Torino. 209 p.
- CORNWELL. 1959. The desinfestation of foods particularly grains. W.S.A. 14: 1310. Int. J. Appl. Radiat. Isot., 6:188-193.
- DEFICIS, A., Delfour, A., Dumas, J.C. et Laurens, S. 1974. Variations de l'excitabilité et de la conduction nerveuse sous l'influence des microondes. Experientia, 30(11): 1276-1277.

- 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., Brower, J.H. and 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. and Brown, G.A. 1973. -- Gamma and Microwave radiation to control the rice weevil in wheat. J. Ga. Entomol. Soc., 8(1): 51-55.
- KIRKPATRICK, R.L. and Roberts Jr., J.R. 1971. Insect control in wheat by use of microwave energy. J. Econ. Entomol., 64(4): 950-951.
- LEWIS, A.E. 1970. Bioestadística. C.E.C.S.A. México. 279 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.
- MICHAELSON, S.M. 1970. Human exposure to Nonionizing radiation energy. Potential hazards and safety standars. Proc. IEEE, 60: 389-421.

TABLA II

ANALISIS QUIMICO POR EL METODO A O. A. C. EN BASE SECA DEL GRANO DE MAIZ EXPUESTO A LAS MICROONDAS

CONSTITUYENTES (%)	TESTIGO	TIEMPO DE EXPOSICION A LAS MICROONDAS (SEG)	
		20	120
PROTEINA CRUDA (N X 6.25)	8.62	8.87	8.41
EXTRACTO ETereo	4.48	5.55	5.24
CENIZAS	0.93	1.27	1.31
FIBRA CRUDA	2.06	3.81	2.96
EXTRACTO LIBRE DE NITROGENO	83.91	80.50	82.08
TOTAL	100.00	100.00	100.00

- MILLS, R.B. 1965. Apparatus for the studying, feeding and oviposition by Angoumois grain moth adults. J. Econ. Entomol., 58 (1): 177.
- MORRISON, R.K. and Hoffman, J.D. 1976. An improved method for rearing the Angoumois grain moth. Agricultural Research Service. U.S.D.A. ARS-S 104. March. 5 p.
- PEREZ, S. and Ellington, G.W. 1933. Life history of the Angoumois grain moth in Maryland. U.S.D.A. Tech. Bull. 351. 35 p.
- PYLE, S.D., Nichols, D., Barnes, F.S. and Gamow, E. 1975. Threshold - effects of microwave radiations on embryo cell system. -- Ann. N. Y. Acad. Sci., 247: 401-407.
- RAMIREZ GENEL, M. 1976. Almacenamiento y conservación de granos y semillas. C.E.C.S.A. México. 300 p.
- RAMIREZ GENEL, M. 1960. Infestación de campo por insectos de granos - almacenados. Agric. Tec. Mex., 10: 32-35. S.A.G.
- SHCOENHERR, W. H. and Rutledge, J.H. 1967. Insect pests of the food industry. Lauhoff Grain Company. Illinois. 60 p.
- SZMIGIELSKI, S., Luczack, M. and Wiranowska, M. 1975. Effects of --- microwaves on cell functions and virus replication in cell cultures irradiated In Vitro. Ann. N. Y. Acad. Sci., 247: 263-273.
- TAYLOR, E.M. and Ashleman, B.T. 1974. Annalysis of Central Nervous --- System Involvement in the microwave auditory effect. Brain Res., 74: 201-208.

- TILTON, E.W., Brower, J.H., Brown, G.A. and Kirkpatrick, R.L. 1972. --
Combination of Gamma and Microwave radiation for control
of the Angoumois grain moth in wheat. J. Econ. Entomol.,
65 (2): 531-533.
- TYLER, P.E. 1975. Overview of electromagnetic radiation research: Past,
Present and Future. Ann. N. Y. Acad. Sci., 247: 6-14.
- VARMA, M.M. and Traboulay, E.A. 1975. Biological effects of Microwave
radiation on the testes of Swiss mice. Experientia, 31(3):
301-302.
- VAWTER, S.M. 1974. Radiation Hazards from therapeutic microwave diather-
my. J. Am. Med. Assoc., 228 (9): 1170.
- WEBB, S.J. 1975. Genetic continuity and metabolic regulation as seen by
the effects of various microwave and blacklight frequencies
on these phenomena. Ann. N. Y. Acad. Sci., 247: 327-351.
- WHEATER, R.H. 1974. Protection against Microwave Oven radiation leakage.
J. Am. Med. Assoc., 228 (10): 1296-1297.
- WIGGLESWORTH, V.B. 1965. The Principles of Insect Physiology. Chapman
and Hall, London. 827 p.
- YEARGERS, E.K., Langley, J.B. Sheppard, A.P. and Huddleston, G.K. 1975.
Effects of microwave radiation on enzymes. Ann. N. Y. Acad.
Sci., 247: 301-304.

- MILLS, R.B. 1965. Apparatus for the studying, feeding and oviposition by Angoumois grain moth adults. J. Econ. Entomol., 58 (1): 177.
- MORRISON, R.K. and Hoffman, J.D. 1976. An improved method for rearing the Angoumois grain moth. Agricultural Research Service. U.S.D.A. ARS-S 104. March. 5 p.
- PEREZ, S. and Ellington, G.W. 1933. Life history of the Angoumois grain moth in Maryland. U.S.D.A. Tech. Bull. 351. 35 p.
- PYLE, S.D., Nichols, D., Barnes, F.S. and Gamow, E. 1975. Threshold - effects of microwave radiations on embryo cell system. -- Ann. N. Y. Acad. Sci., 247: 401-407.
- RAMIREZ GENEL, M. 1976. Almacenamiento y conservación de granos y semillas. C.E.C.S.A. México. 300 p.
- RAMIREZ GENEL, M. 1960. Infestación de campo por insectos de granos - almacenados. Agric. Tec. Mex., 10: 32-35. S.A.G.
- SHCOENHERR, W. H. and Rutledge, J.H. 1967. Insect pests of the food industry. Lauhoff Grain Company. Illinois. 60 p.
- SZMIGIELSKI, S., Luczack, M. and Wiranowska, M. 1975. Effects of --- microwaves on cell functions and virus replication in cell cultures irradiated In Vitro. Ann. N. Y. Acad. Sci., 247: 263-273.
- TAYLOR, E.M. and Ashleman, B.T. 1974. Analysis of Central Nervous --- System Involvement In the microwave auditory effect. Brain Res., 74: 201-208.

- TILTON, E.W., Brower, J.H., Brown, G.A. and Kirkpatrick, R.L. 1972. --
Combination of Gamma and Microwave radiation for control
of the Angoumois grain moth in wheat. J. Econ. Entomol.,
65 (2): 531-533.
- TYLER, P.E. 1975. Overview of electromagnetic radiation research: Past,
Present and Future. Ann. N. Y. Acad. Sci., 247: 6-14.
- VARMA, M.M. and Traboulay, E.A. 1975. Biological effects of Microwave
radiation on the testes of Swiss mice. Experientia, 31(3):
301-302.
- VAWTER, S.M. 1974. Radiation Hazards from therapeutic microwave diather-
my. J. Am. Med. Assoc., 228 (9): 1170.
- WEBB, S.J. 1975. Genetic continuity and metabolic regulation as seen by
the effects of various microwave and blacklight frequencies
on these phenomena. Ann. N. Y. Acad. Sci., 247: 327-351.
- WHEATER, R.H. 1974. Protection against Microwave Oven radiation leakage.
J. Am. Med. Assoc., 228 (10): 1296-1297.
- WIGGLESWORTH, V.B. 1965. The Principles of Insect Physiology. Chapman
and Hall, London. 827 p.
- YEARGERS, E.K., Langley, J.B. Sheppard, A.P. and Huddleston, G.K. 1975.
Effects of microwave radiation on enzymes. Ann. N. Y. Acad.
Sci., 247: 301-304.