



Universidad Nacional Autónoma  
de México

---

FACULTAD DE CIENCIAS

EFFECTO DE UN LASER DE ARGON EN  
LARVAS Y ADULTOS DE SITOPHILUS  
ZEAMAI MOTSCH.

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

GEORGINA URBAN CARRILLO



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 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.

## AGRADECIMIENTOS.

A la Doctora Julieta Ramos Elorduy de Conconi por su atinada y valiosa dirección en el presente trabajo.

Al Doctor Carlos Márquez Mayandón por haberme permitido realizarla en el Instituto de Biología a su digno cargo.

A la Doctora Leonila Vázquez García por su apoyo y aliento para la elaboración del presente -- trabajo.

Al M. en C. Jesús Siqueiros Beltrones por su orientación en el manejo del láser.

Al Biólogo Manuel Pino por su colaboración en la realización de los análisis Bromatológicos, así como en la revisión y sugerencias para el presente.

Al M.en C. Mario Ramírez M. , al M. en C. Javier Butzen y a la Bióloga Nora Galindo M. por su interés y sugerencias.

A mis padres:

Enrique Urbán Macedo

y

Carmen Carrillo de Urbán.

Por su presencia, ejemplo, apoyo y orientación  
que durante toda mi vida me han brindado, así como  
por haberme enseñado a luchar.

A tí.

A mis hermanos:

Regina por su ternura.

Anita por su valentía.

Antonio por su creatividad.

Consuelo por su sensibilidad.

Rocío por su tenacidad.

Enrique por su dinamismo.

Carmen por su alegría.

Rodrigo por su confianza.

Sí, por darme y enseñarme todo eso, además de  
que me permiten compartir su alegría de vivir.

A mi abuelita:

Consuelo Martínez Vda. de Lojo.

A mi abuelita:

Guadalupe Macedo Vda. de Urbán.

# I N D I C E

I.- INTRODUCCION.

II.- CARACTERISTICAS DE Sitophilus zeamais Motsch.

III.- L . A . S . E . R .

a).- BOSQUEJO HISTORICO.

b).- PRINCIPALES APLICACIONES.

c).- EFECTOS EN SISTEMAS VIVIENTES.

IV.- MATERIAL Y METODO.

V.- RESULTADOS.

VI.- DISCUSION.

## INTRODUCCION.

La actual problemática alimenticia mundial es conocida por todos, de ahí que el hombre se esfuerce por obtener mayores cantidades de alimento y preservarlo.

Esta es la causa por la cual, la presente investigación, va dirigida a dar un empleo real y potencial - al rayo láser, como método de combate físico a las plagas de los granos almacenados.

En México, es el maíz el grano que ocupa un lugar muy importante en el cultivo y consumo, seguido en importancia económica e industrial por el trigo y el arroz.

De acuerdo con los datos disponibles, uno de los principales factores que acentúan y determinan las pérdidas de los granos, tanto en el campo como en el almacén, es la presencia de plagas siendo estas de 4 tipos: los insectos, microorganismos ( hongos y bacterias ),- los roedores ( ratas y ratones ) y las aves, que pueden actuar en conjunto o individualmente.

En la República Mexicana, encontramos más de 30 especies de insectos que atacan a los granos y a sus productos. Afortunadamente no todos tienen la misma capacidad de ataque y destrucción, siendo uno de los de mayor

importancia el Sitophilus zeamais Motschulsky, conocido como " gorgojo del maiz ".

Los insectos en estado adulto así como los larvarios, causan diferentes tipos de daño a los granos y semillas que están en almacenamiento, debido a su forma de alimentación y oviposición; además, contaminan los productos almacenados con su excremento y -- restos de individuos muertos.

Estos datos, independientemente de otros factores, detrimentan considerablemente la calidad alimenticia y el valor económico, así como el poder germinativo de los granos.

Se estima que de un 5% a un 10% del total de la producción mundial de cereales, se pierde a causa de los insectos, aunque esta cifra puede aumentar en lugares cálidos y húmedos.

La mayoría de los insectos holometábolos, presentan 4 estados de desarrollo que son: el huevo, la larva, la pupa y el adulto. El tiempo de duración de cada estado, varía de acuerdo a la especie del insecto.

Las causas de infestación de los granos almace-

nados, son muchas y variadas. Algunas veces el ataque se inicia en el campo, cuando la semilla esta alcanzando su madurez fisiológica.

Otras veces, los insectos son capaces de volar ciertas distancias desde los centros de infestación, hasta otros lugares donde se encuentran productos a los cuales invaden.

A los insectos que atacan granos almacenados se les puede clasificar como primarios o secundarios, dependiendo el daño físico que causen.

En los insectos primarios se incluyen, a aquellos que son capaces de romper la semilla para llegar al endospermo del cual se alimentan, siendo muy importantes, pues constituyen las plagas más significativas y propician la entrada de insectos secundarios y microorganismos.

Por lo cual resulta fácil comprender que la protección de los granos almacenados y sus productos, contra el ataque de insectos, ha constituido un problema difícil desde que el hombre cultiva y almacena sus cosechas.

Para el combate de las plagas es necesario el

conocimiento de los factores físicos, químicos, biológicos y etológicos, de manera que la estrategia elegida sea la correcta para llevar a cabo los programas de control y prevención.

Entre los métodos que actualmente se utilizan en el control de plagas, se encuentra el combate químico, mediante el uso de materiales venenosos, quimioesterilizantes, feromonas ó atrayentes sexuales y repelentes como los antialimentos mejor conocidos como repelentes gustativos ( carbamatos, organotinas, triazenos, etc. ).

Es necesario considerar que los materiales empleados en el combate químico son peligrosos para el hombre, que deben manejarse por personas enteradas de sus propiedades, y que su empleo implica costos elevados, mano de obra y tiempo. Por otra parte solo pueden destruir algunos estados de desarrollo de los insectos, puesto que los huevecillos pueden permanecer y eclosionar; además pueden crear resistencia a estos.

Otro método que en los últimos años ha tenido una entusiasta acogida, es el control biológico, el-

cual suele implicar la acción de parásitos, predadores y patógenos para mantener la densidad de población de la plaga a un nivel más bajo del que existiría en su ausencia. En este grupo encontramos por ejemplo, a los insecticidas microbianos, e laborados a base de bacterias, virus y hongos patógenos. Dicho control se auxilia de la genética, mediante la búsqueda de variedades de granos resistentes al ataque de insectos. Algunos resultados se han obtenido, pero aún presentan restricciones severas, como es el cambio en su valor nutritivo y en su rendimiento.

Muchas y muy variadas son las formas de combate físico y mecánico.

Desde hace varios años se realizan investigaciones en el mundo, con el objeto de encontrar las condiciones en que las radiaciones ionizantes, se podrían utilizar para proteger a los productos almacenados contra los insectos.

Algunos expertos han considerado las radiaciones como un camino para matar a los insectos, sin dañar significativamente el grano, y sin riesgos -

de efectos residuales tóxicos. Las radiaciones preservan los alimentos por inhibición ( retardo en su metabolismo o en su grado de reproducción ) o destrucción de los organismos, con un aumento de temperaturas internas de pocos grados.

Las radiaciones gamma son altamente penetrantes y efectivas, pero tienen el inconveniente de requerir personal capacitado, alta tecnología y equipo costoso.

Otras formas de radiación empleadas como método de control de insectos, son las radiaciones infrarrojas, las ondas de radio frecuencia, las ondas ultrasónicas, los rayos X, y el uso del aceleradores de partículas atómicas. El calentamiento selectivo utilizando campos eléctricos de alta potencia, se encuentra en nivel de experimentación.

Dentro de los métodos físicos de control se encuentra también las trampas de luz y los choques térmicos ( bajas temperaturas seguidas de altas temperaturas ).

Las prácticas agrícolas como la rotación de cultivos, son otro método de combate.

## CARACTERISTICAS DE Sitophilus zeamais Motsch.

Este insecto conocido comunmente como " gorgojo del maiz ", presenta una distribución cosmopolita, y constituye una de las plagas más severas que atacan granos, tanto en el almacén como en el campo. Se localiza con mayor frecuencia en las áreas tropicales y semitropicales del mundo. Entre los productos atacados se encuentra el maiz, el trigo y el arroz principalmente.

Al Sitophilus zeamais se la considera plaga - primaria, puesto que estos insectos son capaces de romper el grano y llegar al endospermo, causando - el ahuecamiento de los mismos, evaluándose su daño como de tipo directo.

En las regiones tropicales y semitropicales - aparece en el campo, tan pronto como la mazorca se encuentra alcanzando su madurez fisiológica.

El adulto ( fig. 1 A ), tiene una longitud - que varía entre 2.5 y 4.5 mm.; es de color café - obscuro casi negro, su cuerpo es cilíndrico, con - la cabeza prolongada en un pico delgado que lleva - un par de mandíbulas resistentes. Las antenas son

acodadas y en forma de mazo.

El tórax se encuentra densamente marcado por - puntuaciones redondas; los élitros tienen en sus ángulos exteriores 4 manchas de color rojo naranja; - en el metatórax posee alas membranosas funcionales.

Las hembras depositan sus huevos en todas las partes del grano, el cual alcanza a perforar proboscis y el ovipositor, excavando pequeñas depresiones en el grano, y depositando un solo huevecillo en cada cavidad; posteriormente son selladas con una secreción gelatinosa.

Sadredding Sharifi y Robert B. Mills ( 1971 ), realizaron estudios radiográficos en granos infestados por Sitophilus zeamais Motsch., encontrando que el 72% de los huevos son depositados en el endospermo; 21% en el perímetro del germen y el 7% en el germen, presentando un tamaño de 0.25 a 0.33 mm., - dispuesto en dirección perpendicular al eje longitudinal del grano. El huevecillo es opaco, de color blanco, en forma de pera u ovoide, ensanchándose en la parte media hacia abajo, con el fondo redondeado. La duración de dicho estado que termina con la emer

gencia de la larva es de 4 a 9 días.

La larva es un pequeño gusano de color blanco perlado, de cuerpo grueso y ápodo, con la cabeza pequeña de color café rojizo claro, más larga que ancha y de forma cunciforme, ventralmente es casi-recta, y dorsalmente es muy convexa.

El primer estadio mide aproximadamente de --- 0.33 a 0.39 mm. de longitud, y tiene una duración de 3 a 5 días. El segundo estadio mide de 0.46 a --- 0.64 mm., con una duración de 3 a 8 días. El ter--- cer estadio mide de 0.76 a 1.06 mm., con una duración de 3 a 6 días. El cuarto estadio mide de 1.30 a 1.66 mm., y presenta una duración que fluctúa de 4 a 7 días.

La prepupa presenta el cuerpo elongado y se puede distinguir por la extensión de la cabeza y de los distintos segmentos del cuerpo, ensanchándose hacia la parte del tórax; permanece en dicho estado un día.

La pupa recién formada es de color blanco pálido, de cabeza redonda; la proboscis es larga, --- delgada y dirigida hacia la parte inferior, con ---

las patas dobladas hacia el cuerpo y con las alas cubriendo a este, el abdomen tiene nueve segmentos con dos espinas prominentes. En estado de pupa permanece de 4 a 8 días, en el adulto pre-emergente - 4 a 10 días.

La duración del ciclo de vida desde la oviposición hasta la emergencia del adulto es de 33 a - 45 días.

Estos insectos causan la destrucción completa del grano, especialmente cuando las condiciones ambiales son favorables para su desarrollo y el - grano permanece almacenado por algún tiempo.

Este insecto junto con Sitophilus oryzae y Sitophilus granarius constituyen, las especies más - destructoras de los granos almacenados en el mun--do.

Dentro de sus hábitos encontramos que los a--dultos rehuyen a la luz intensa y si se les inquieta se muestran muy activos. Además encontramos - que Sitophilus zeamais presenta actividad de vuelo más pronunciada, que las otras especies.

La larva ( Fig. 1 - B ) una vez que emerge --

del huevo permanece alimentándose dentro del grano donde finalmente pasa a la fase de pupa, y cuando el desarrollo se ha completado, el individuo adulto se abre paso para salir del grano, masticando - este y dejando un orificio de salida.

La identificación de Sitophilus zeamais Motschulsky 1855, hasta hace unos años era dificultosa puesto que se confundía con Sitophilus oryzae ( Linnaeus 1763 ) lo cual llevo a una intensa búsqueda de características externas confiables para hacerla separación correcta.

Estas dos especies solo raras ocasiones forman híbridos esteriles ( Birch 1944, Richards 1944 Kono 1955 ).

Floyd y Newson ( 1955 ) demostraron que las hembras pueden ser diferenciadas por la figura en forma de Y en el octavo esclerito del sternum, ya que las extremidades de la rama en la figura son redondas en Sitophilus zeamais y delgadas en Sitophilus oryzae.

Kuschel ( 1961 ) encontró, que el edeago en S. oryzae en la parte superior es liso, mientras -

que en S. zeamais se presentan dos canales longitudinales en esta superficie.

Otras de las características encontradas para su identificación son; las puntuaciones sobre el pronoto, que las presenta aproximadamente circulares S. zeamais y elípticas S. oryzae. Las distancias entre las punturas pronotales son casi iguales y sin una zona media libre de puntuaciones en S. zeamais y con una zona libre de punturas en S. oryzae. El número de punturas pronotales mayor a 20, a lo largo de la línea media del scutellum en S. zeamais y menor de 20 en S. oryzae.

POSICION            TAXONOMICA

PHYLUM ..... ARTROPODA

CLASE ..... INSECTA

ORDEN ..... COLEOPTERA

SUBORDEN ..... POLYPHAGA

FAMILIA ..... CURCULIONIDAE

GENERO ..... Sitophilus

ESPECIE ..... zeamais Motsch.

L . A . S . E . R .

a).- Bosquejo Histórico.

En los años de 1 913 - 1 917, con los trabajos de Planck y Einstein se puede ubicar los orígenes - del rayo láser.

El trabajo de este último, introdujo los conceptos de emisión estimulada, la cual años después - en 1 950 sirvió como base a los trabajos de Weber y Townes, e independientemente a los de Basov y Pro-- khorov sobre la ampliación de microondas.

Fué hasta 1 954, cuando se construyó el primer amplificador de microondas por emisión estimulada - de radiación ó " M . A . S . E . R . ", que empleaba amoníaco para su funcionamiento.

Posteriormente, sobresalen los trabajos realizados por Schawlow y Townes, sobre el estudio de -- las cavidades resonantes dentro de un amplificador, usando el interferómetro de Fabry - Perot, en donde llegan a la conclusión de que utilizando este aparuto se podría obtener emisión en el espectro visible.

En los años de 1 958, Charles H. Townes y Ar--

thur L. Schawlow, dan a conocer un documento titulado " Máseres ópticos y para infrarrojos ", en donde sugieren que los átomos de un metal vaporizado como son el sodio y el potasio, podían energetizarse a estados de excitación, para luego ser estimulados a emitir radiaciones intensas de luz.

En 1959, Schawlow dice que es posible construir un máser para luz, o sea un láser, empleando un material activo sólido ( cristal de rubí o un rubí rojo oscuro ), puesto que se creía que se precisaba de una alta concentración de átomos de cromo, solo presentes en rubíes sintéticos oscuros.

En julio de 1960, empleando un pequeño cilindro de rubí sintético rosado de aproximadamente 0.5 cm. de diámetro y unos pocos de longitud, activado mediante potentes emisiones de luz provenientes de un flash ( similar al empleado en las luces estroboscópicas para fotografía ), Theodore H. Maiman obtiene una emisión de color rojo, siendo esta la primera emisión láser, siglas resultantes de " Light Amplifier by Stimulated Emission of Radiation ". Este primer láser era pulsado y emitía en  $6.943 \times 10^{14}$  A. de longitud de onda;  $4.32 \times 10^{14}$  hertz, con una dura

ción de alrededor de 300 microsegundos, alcanzando en su punto máximo 10 000 watts a  $10^{12}$  grados Kelvin. Actualmente, sus emisiones se efectúan en la región del espectro electromagnético que va desde el infrarrojo hasta el ultravioleta.

Después del láser de rubí, se encontró efecto-láser en una mezcla de helio y neón por Javan, Bennett y Herriot, con una emisión a  $11\ 177\ \text{Å}$  de longitud de onda, que corresponde al infrarrojo.

En 1961, Peter P. Sorokin y M. J. Stevinson, anuncian la posibilidad de una nueva operación, al final de la cual las radiaciones láser dejaban a los átomos ligeramente energéticos.

J. Wieber y L. R. Sorles, consiguieron operar con átomos en estado activado, empleando cristales de rubí oscuro con 12% de cromo, substituyendo al aluminio.

En 1961, Javan y colaboradores William R. Bennett y Donald R. Herriot, publican " Inversión de población y oscilaciones continuas de un máser óptico ( Láser ) ".

A fines de 1962, se logró la operación de on-

da continua, utilizando cromo y samario como meta--  
les activos para la frecuencia de luz visible y em-  
pleando neodinio y uranio para las frecuencias del-  
infrarrojo.

b).- Principales aplicaciones.

Con el advenimiento de los láseres, se rompieron límites que hasta hace pocos años fungían como fronteras inalcanzables.

Actualmente son muchas y muy variadas las aplicaciones reales y potenciales que presenta el láser como podemos apreciar en trabajos de Ingeniería, Medicina, Física, Odontología, Biología y algunos otros campos de investigación.

Con el láser podemos generar y controlar la luz, y con ella algunas de sus propiedades, como son: la direccionalidad, monocromía, intensidad y la coherencia.

Las aplicaciones dependen de la propiedad particular de la radiación láser. ( cuadro No. 1 )

A causa de la gran monocromía, a que la superficie del frente de ondas se puede considerar plana y a su emisión coherente, el láser dió impulso a la holografía.

La holografía es un nuevo proceso fotográfico, en el cual es posible producir imágenes virtuales,-

de color, tridimensionales, sin el uso de lentes.

Esta se puede utilizar en mecánica de flujos, en mediciones del tamaño de partículas, corrección de la distorsión esférica en sistemas ópticos y análisis de tiempo real de vibración en interferometría de objetos difusos.

La holografía con pulsos gigantes ultracortos permiten tener información de fenómenos que se verifican rápidamente y estudiarlos sin modificar el medio, como en el caso de los trabajos realizados en los laboratorios submarinos que permite estudiar el planctón sin sacarlo de su hábitat.

Dentro de la comunicación, el láser ha sido de gran interés, ya que la capacidad de canales es directamente proporcional a la anchura de la banda en un sistema láser, que podría ser de 40 000 MHz., lo cual permitiría 10 000 000 de conversaciones telefónicas u 8 000 programas de televisión simultáneos, lo que equivaldría a que en un solo rayo láser puedan pasar 160 programas de televisión o 100 000 conversaciones telefónicas.

Algunos otros de los usos en comunicación, -

es la posibilidad de modular a grandes frecuencias-- en un haz de láser. Se ha logrado modular con un lá ser de helio-neón de 3 mw. de potencia, con frecuen cias que van de un hertz hasta 200 hertz, lo cual e quivale a la transmisión simultánea de 10 programas de televisión. El límite de este, depende unicamen- te de la celda fotodetectora y no de la capacidad - de modulación del haz, por lo tanto se podría con - otro tipo de celda aumentar el número de programas.

Con motivo de la gran direccionalidad del lá-- ser, se emplea en comunicaciones experimentales en- tre la tierra y los satélites artificiales, igual - mente, con un láser de gas se transmite información numérica de una computadora electrónica a otra dis- tante.

Otra aplicación del láser utilizando en la fre- cuencia óptica estrecha es, en la espectroscopía -- Raman Molecular.

Debido al efecto descubierto en 1928 por Ra-- man, en que una pequeña fracción de la radiación -- dispersa por las moléculas y átomos, originan un --

cambio o corrimiento de la longitud de onda inicial, constituyendo la base de un método de análisis. ya que tal corrimiento es característico de cada sustancia.

El sismógrafo constituye otro empleo de la frecuencia angosta del láser, el instrumento puede ser usado como detector de temblores de tierra o explosiones nucleares subterráneas, puesto que su sensibilidad es 10 veces mayor que los sismógrafos actualmente usados. Este método tiene un alcance dinámico de  $10^7$  y un período sísmico de eventos de 0.1 a 40 000 / seg.

Debido a la coherencia y monocromía de la emisión láser, es posible colimar el haz de una manera relativamente sencilla y usarlo para medir distancias y ángulos con gran precisión, de aquí que los láseres usados, para hacer medidas muy exacta tengan acogida, tanto en topografía, como en técnicas de control de calidad.

Existen láseres de pulso ultracorto que se usan para medir grandes distancias con precisión de unos cuantos centímetros, para ello lo que se obser

va el eco producido por el objeto cuya distancia se requiere medir. Si para producir el eco, usamos un reflector y modulamos la señal láser con microondas podemos medir distancias con tolerancias inferiores a un milímetro, usando el interferómetro de Michelson.

Experimentos de Jaseja, Javan y Townes indican que la gran estabilidad de los láseres de helio - neón, pueden detectar cambios en longitud tan pequeños como 8 partes en  $10^{14}$ , equivalentes a una longitud en  $10\ 000\ \text{Å}$ .

Los diagnosticos de plasma que se realizan con láser de gas, son de gran importancia; un plasma se considera, como una mezcla de elementos ionizados a gran temperatura, la cual no presenta cambios netos; esto representa una posibilidad para el desarrollo de los convertidores magnetohidrodinámicos y la propulsión espacial, puesto que la ionósfera puede ser considerada como un plasma. El estudio del plasma abarca entre otras cosas, recolección de datos sobre la temperatura, densidad y velocidad de distribución electrónica.

Usando un láser de gas de bajo poder, es posible medir las tasas de flujo. Esta aplicación se basa en el cambio doppler de la frecuencia de la luz dispersa para las sustancias en movimiento; las sustancias pueden ser líquidas, opacas o transparentes, también pueden ser metal fundido o gases.

En la industria y en la ingeniería se puede usar un haz de láser como referencia para cavar túneles, dragar canales, construir carreteras, etc. También se utilizan como radares ópticos con precisión asombrosa.

Enfocando el haz del láser se obtienen densidades de energía tan altas, que permiten perforar, soldar y cortar materiales extremadamente duros, como son el diamante, el acero, el tungsteno, etc., con gran exactitud. Actualmente existen láseres para microperforación y microsoldadura de tipo industrial.

En odontología, las aplicaciones del láser presentan la ventaja de que las caries de color oscuro, al recibir toda la energía del haz, contrastan fuertemente con las partes sanas, lá-

temperatura local obtenida es suficiente para destruir por completo la placa bacterial. En cirugía dental se trata de reemplazar el torno con el láser.

En medicina, ha tenido un éxito notorio el empleo del rayo láser, principalmente en cirugía del ojo, debido al desprendimiento de retina, se hace dilatar la pupila y se disparan a través de ella -- los pulsos de soldadura y de esta manera se evita su desprendimiento total. Otras de las aplicaciones es la perforación de huesos para pasar alambres a través de ellos.

En química se utiliza el láser en catálisis selectiva de reacciones.

c).- Efecto en sistemas vivientes.

Investigadores interesados en los efectos de la luz láser, han realizado numerosos estudios de los efectos de la luz en los organismos y sus componentes, aprovechando las propiedades de la radiación láser, que son los factores de coherencia y monocromía, así como la intensidad en relación con la absorción del material empleado, y la duración del pulso.

Fine Y Klein ( 1965 ) proponen una " Multitud de Factores " como hipótesis para la explicación de la acción del láser sobre el material biológico.

Hu y colaboradores ( 1967 ) sugieren cuatro formas principales de acción sobre sistemas vivientes, que son; los cambios termoquímicos, el daño mecánico o acústico, la vaporización del protoplasma y el efecto fotoquímico.

Las evidencias indican que en macromoléculas - invitro irradiadas, no se puede hacer el restablecimiento de la potencialidad que tuvieron en vida. Algunas de las energías que son absorbidas por las macromoléculas permiten la detección de la estructura

ción posiblemente alterada.

La posibilidad de efectuar cambios en los aminoácidos por la irradiación de la luz monocromática, quedo demostrada en la fotólisis de la cisteína, donde se obtuvo como producto, alanina, ácido-sulfurico, amoniaco, sulfuro de hidrogeno y azufre libre.

Bellin y Yankus ( 1968 ) mostraron que tinturas unidas con el azul de metileno, influyen en la sensibilidad de la foto-oxidación de aminoácidos.

Destruyendo organelos o parte de los organelos con irradiación de láser, se puede tener información acerca de la fisiología celular. Los cloroplastos de Spirogyra gracilis se coagulan y destruyen con una mínima energía de microhaz de láser de rubí, igualmente se produce la destrucción al irradiar la pared celular de Spirogyra sp.

La irradiación es capaz de retardar la división y el crecimiento celular y parece que éste -- pierde su sincronía por algún tiempo. Los mecanismos fundamentales se refieren presumiblemente a -- las características de absorción de macromoléculas

dentro de la célula.

Se ha obtenido retardo de la mitosis en célula neuroblástica de Chortophaga viridifasciata en longitudes de onda de 225 y 253.7 nm.

Irradiando a 253.7 - 265.4 nm. se obtiene el retraso de la división celular en ciliados ( Güese y colaboradores 1963 ).

Carlson y colaboradores ( 1960 ) concluyen que los componentes de las proteínas en el huso mitótico, absorben la luz y requieren de tiempo para el reemplazamiento o reparación, antes de que la división celular pueda proseguir.

Irradiando con un microhaz, células de corazón de salamandra adulta, los cromosomas en división se aglutinan dentro de los veinte minutos siguientes a la radiación, desaparece el huso mitótico y cambian los cromosomas de forma ( Bloom y colaboradores 1955 ).

Brown y Zirkle ( 1967 ) concluyen que las proteínas del huso en el citoplasma, son posiblemente alteradas por un fotón de luz, o que la enzima que mantiene el huso es fotoquímicamente alterada.

Puede ocurrir también la destrucción irreversible de las bases de ADN ( Mc. Laren 1 964 ).

El ADN es inactivo parcialmente debido a la exposición a la luz de 300 - 400 nm. por la presencia postulada de enzimas fotoreactivas ( Rupert -- 1 964 ).

Rounds y Adans ( 1 964 ) estudiaron la acción de la radiación con láser de rubí, sobre la síntesis del ADN en cultivo de tejidos, usando el procedimiento de autorradiografía y de tritio timidina. Los resultados indican que la fase " S " del ciclo celular es inhibido parcialmente.

La presencia de pigmentos específicos en las células y las características propias de absorción, facilita la penetración inicial del haz láser.

Los mecanismos fundamentales por los cuales las macromoléculas, organelos y células son inactivadas o destruidas, pueden ser explicados primariamente, por la producción de calor y conducción térmica subsecuente a la absorción del haz del láser. El choque de ondas puede también contribuir en los efectos de la inactivación térmica y la destrucción

de los organelos celulares.

Reportes iniciales de aplicaciones experimentales y clínicas, fueron publicados por Mc Guff y colaboradores ( 1 963 ), y Helsper y colaboradores, - ( 1 964 ). Dentro de sus observaciones sugieren que la energía del láser de rubí ( 694.3 ), destruye -- parcialmente los tejidos tumorales. La cura permanente de tumores fué obtenida sobre transplantes de cultivos de melanomas, en animales de laboratorio, -- como la rata blanca. Posteriormente, Mc Guff y colaboradores ( 1 964 ), reportan la destrucción de tumores humanos subcutáneos; en ese mismo año, Gold-- man y colaboradores también obtienen resultados positivos sobre melanomas humanos.

Estudios sobre tratamientos de tejidos tumorales y normales con radiación láser, han sido conducidos por: Fines y Klein ( 1 965 ), Ketcham y Minton ( 1 965 ), Loo y colaboradores ( 1 965 ), Fox-- y colaboradores ( 1 966 ), Goldman ( 1 966 ) y Hoye y colaboradores ( 1 966 ).

En el presente estado de nuestro entendimiento, los efectos más importantes sobre tejidos, parecen-

ser producidos por la temperatura y la presión, o sea, se verifica una ionización de tejidos, rearrreglos moleculares y alteraciones en la circulación sanguínea, que también ocurren con el impacto solar.

El grado de destrucción de los tejidos, es dependiente de la longitud de onda de la luz láser, la densidad de energía y el tamaño, localización -- densidad y pigmentación del área expuesta.

Roedores de laboratorio son curados de ciertos tipos de tumores primarios implantados, cuando el tamaño del tumor es discreto y bastante pequeño, pudiendo ser completamente rodeado por el rayo láser, ( 6 a 7 mm. de diámetro ), 700 j., 2 micro seg., de pulso de neodymium.

En las observaciones sobre sus efectos en Oncología, parece que existe una relación con la pigmentación y la longitud de onda, así como el tamaño y la localización del tumor. La selección de la longitud de onda del láser, más compatible con las características de absorción de los tejidos expuestos a la radiación, reduce significativamente la cantidad de energía requerida para la destrucción del tumor.

Hoye y Minton, ( 1 965 ), realizaron una serie de experimentos para determinar el uso del láser de argón ( 488 - 514.7 nm. ), como bisturí de luz quirúrgico, también como un instrumento oncológico para la destrucción de melanomas, sarcoma y adenocarcinoma, implantados en ratones de laboratorio. En tiempos muy cortos y a bajas potencias ( 0.5 - 4.0-watts ), el láser de argón es aprovechable, cuando se enfoca el rayo como un fino lápiz de luz; corta piel de mono y conejo, músculo de hígado con relativa facilidad. La profundidad de la incisión está en función con la cantidad de energía del rayo, y del movimiento del rayo sobre la superficie.

Mullins y colaboradores ( 1 968 ), realizaron un número de cortes de hígado sobre animales, usando un láser de CO<sub>2</sub>. La disección rápida y pequeña no daña permanente al hígado, la superficie expuesta a la energía del láser, sana sin complicaciones..

Otros trabajos usando un láser de argón para cortar tumores de melanoma, han sido reportados -- ( Brown y colaboradores 1 966 ). También es investigado el uso del láser de argón 2 watts sobre tatua-

jes, verrugas y discos de piel no maligna ( Gold--  
man y colaboradores 1 968 ).

Milton y colaboradores ( 1 965 ) reportaron el análisis de la emisión espectral, obtenida por vapores producidos por tejidos normales y malignos, expuestos a 400 j. de energía de neodmium, demostraron que la energía es absorbida en los niveles moleculares y concentra radicales de carbono, nitrógeno ( 1 positivo ), cianuro, oxidrilos y nitrógeno ( 2-positivo ), produciendo una elevada excitación de radicales libres en ambos tejidos, el normal y el maligno.

Pathak y Stratton ( 1 968 ), examinaron la acción de la luz láser de rubí sobre el contenido de radicales libres en piel humana, a niveles moderados de energía ( 22 - 30 j./pulso ), por el uso de la espectrometría electrón - spin de resonancia. El espectro de la epidermis humana blanca, melanosoma, DOPA melanina, pigmentos de epidermis humana, gránulos de melanina de melanosoma y pelo humano negro, es examinado antes y después de la radiación con láser de rubí, obteniendo como resultado el aumento -

del valor intrínseco señalado de melanina. Además, induce a la formación de 11 tipos de radicales libres en la epidermis pigmentada, sin embargo, no han sido observados cambios en la epidermis blanca.

## MATERIAL Y METODO

El presente estudio se realizó en el Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México en el laboratorio de entomología; los individuos de Sitophilus zeamais Motschulsky que se utilizaron como pie de cría para los cultivos, fueron donados por el C . M . M . Y . T . Dichos cultivos se mantuvieron en granos de maíz ( Zea mais ), variedad cacahuazintle, previamente tratado a bajas temperaturas (  $4^{\circ} \text{C}$  ), y a los cuales se les determinó una humedad relativa de  $11 \pm 0.5\%$ , empleando un higrómetro Steinlite RCT - B. Posteriormente fueron colocados en una cámara con una temperatura constante de  $28 \pm 2^{\circ} \text{C}$ ., y una humedad relativa de  $70 \pm 2\%$ .

La irradiación del material y la dosimetría, se llevaron a cabo en el Centro de Investigación de Materiales de la U . N . A . M ., empleándose un aparato láser de argón modelo 165 de Spectra - Physics, ajustado a emitir una longitud de onda de  $4880 \text{ \AA}$ . La potencia de emisión se determinó mediante el aparato modelo 401 C de Spectra-Physics, esta fue de 100 milliwatts. ( Fotografías 2 y 3 ).

La fotografía ( 1 ), muestra el dispositivo em  
pleado para regular el campo de radiación. Dicho --  
dispositivo consiste de un espejo plano, que desvía  
el haz a través de un objetivo de microscopio de 20  
X, permitiendo una amplificación del radio de ac---  
ción hasta 2.0 cm.

El diseño experimental utilizado fué el de --  
" Bloques al azar ". Para la separación del mate---  
rial biológico se utilizaron tamices de acero, con  
un diámetro de 1 cm. para el caso de los adultos, y  
en el caso de las larvas, manualmente con la ayuda  
de finos pinceles.

Los períodos de irradiación fueron de: 15, 20,  
40, 55 y 80 minutos, resultando por lo tanto dosis-  
de: 90, 120, 240, 330 y 480 joules.

Se tomaron muestras de 30 individuos tanto pa-  
larvas como para adultos, en cada una de las 6 do--  
sis empleadas, realizando en cada dosis 4 repeticio-  
nes, lo cual da 720 individuos incluyendo a los tes  
tigos por grupo experimental, arrojando un total de  
2 280 individuos empleados para el presente trabajo.

Con el objeto de poder valorar el efecto real-

de la luz láser sobre los adultos y las larvas de este insecto, se trató por un lado maíz infestado por este organismo, en los estados de desarrollo antes citados, que sería la forma natural, y además se trataron los individuos solos, con lo que se formaron 4 grupos experimentales.

En el primero se sometió a los adultos sin grano a irradiación, después los diferentes lotes fueron colocados en tubos viales conteniendo 8 gramos de maíz cacahuazintle, tratado en la forma antes descrita, y se colocaron en la cámara con las condiciones previamente mencionadas.

El segundo grupo experimental de adultos se colocó en tubos viales conteniendo la misma cantidad de maíz, un día antes de ser sometidos al tratamiento, para que pudieran penetrar en el grano.

El tercer grupo experimental, estuvo formado por larvas que se irradiaron sin grano, y que después fueron colocadas en tubos viales que contenían también 8 gramos de maíz, pero fraccionado, con el fin de facilitar la entrada a ellos.

El cuarto grupo experimental, consistió de lar

vas con grano. Para ello se les colocó en tubos viales igual que en el caso anterior, un día antes de ser sometidos a la irradiación.

Las revisiones de los experimentos se efectuaron a los 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100 y 120 días, - después de irradiados.

Los resultados se expresan en tablas y gráficas de mortalidad y supervivencia, ya que no se trata de poblaciones fijas, con las correspondientes - DL 50 y DL 100.

Los datos fueron sometidos a la prueba T de -- " students " para muestras pequeñas, con el objeto de ver los niveles de significación existentes.

Se calcularon las velocidades promedio entre - los 30 y 80 días y entre los 80 y 120 días, para conocer las diferentes velocidades de aparición de la F<sub>1</sub> y la F<sub>2</sub>.

Para ver si el valor nutritivo del grano no era modificado por la radiación láser en sus distintas dosis, se llevaron a cabo análisis bromatológicos proximales, que se realizaron en el laboratorio de Nutrición y Bioquímica de la Facultad de Medici-

na de Veterinaria y Zootecnia de la U . N . A . M .  
utilizando el método AOAC en el que se determinaron  
los siguientes parámetros; Materia Seca, Protefna -  
Cruda, Extracto Etereo, Cenizas, Fibra Cruda y Ex--  
tracto Libre de Nitrogeno.

Otra prueba que se llevo a cabo fue la de la -  
germinación del grano, en la cual se determinaron -  
como parámetros; el crecimiento de la raíz y el cre  
cimiento del tallo. Para lo cual se colocaron las -  
semillas dentro de una germinadora, donde se les --  
mantuvo durante 10 días. Las mediciones se efectua-  
ron diariamente.

## RESULTADOS

Como se observa en las tablas 2, 3, 7 y 8 así como en las gráficas 3, 4, 9 y 10, la mortalidad es directamente proporcional a la dosis, siendo esta de tipo exponencial.

En la tabla número 2 referente al porcentaje de mortalidad de adultos, expuestos a la luz laser sin grano, siempre a la potencia de 100 miliwatts, podemos advertir que, a medida de que se aumentó la energía, la mortalidad aumentó, obteniendo a los 40 días los valores más altos en todas las dosis, con excepción de la de 120 joules.

En la revisión efectuada a los 10 días, los resultados varían desde 8.3 % en la dosis de 90 joule hasta el valor máximo de 65 % correspondiente a la dosis de 330 joules, siendo este aún mayor que el encontrado para la dosis de 480 joules. Estos valores fueron incrementándose con el paso del tiempo, encontrándose después en la revisión efectuada a los 60 días, que van de 20 % correspondiente a 90 joules hasta 81.66 % que fue el valor encontrado para 480 joules, como se ve en la gráfica no. 1.

Las dosis letales determinada se muestran en la gráfica número 3, donde se puede ver claramente que la mortalidad de los adultos sin grano, es directamente proporcional al logaritmo de la dosis, determinando como DL -100 / 30 un valor de 831 joules y una DL - 50 / 30 de 145 joules, con 100 miliwatts de potencia.

En la tabla número 4, referente al porcentaje de supervivencia de adultos, expuestos a la luz láser a varios niveles de energía sin grano, se observa para las revisiones de 10, 20 y 30 días que en todas las dosis las proporciones son las inversas a las correspondientes a la mortalidad, descrita anteriormente, ( tabla 2 ) y en la revisión realizada a los 40 días advertimos la aparición de la  $F_1$  en el testigo y en las dosis 90 y 120 joules puesto que los porcentajes de la supervivencia aumenta a 115.3 %, 90.8 % y 70.8 % respectivamente. En las dosis de 240, 330 y 480 joules la aparición de  $F_1$  es detectada hasta la revisión efectuada a los 60 días y es debido a esto que encontramos un ligero aumento a 40.83 %, 23.3 % y 28.3 % respectivamente, esto

se puede ver en la gráfica No. 5, en donde se seña la con flechas las apariciones de  $F_1$ .

En las revisiones posteriores a los 60 días y hasta los 120 días ( Tabla 4 ), se advierte en caso del testigo, o sea el correspondiente a 0 joules, que la población crece de 130% hasta 227.3%. En el caso de 90 joules, la población se incrementa de 122.5% hasta 156.66%.

En el renglón correspondiente a la de 120 joules, se observó que el incremento en la supervivencia es de 106.6% a 119.1%. En 240 joules la población disminuye ligeramente, de un 40.83% a un --- 36.6%. Lo mismo se observará en los resultados para 330 joules, donde los valores oscilan de 23.3% a - 20.8% y en el de 480 joules en donde fluctúan de - 28.3% a 30.0%.

En la tabla número 5 referente al porcentaje de supervivencia de adultos expuestos a la luz láser a varios niveles de energía con grano, observa mos que los valores encontrados en la revisión de 10, 20 y 30 días son los inversos a los hallados - en el caso de la mortalidad anteriormente des ----

critos.

En la revisión realizada a los 40 días se detectó la aparición de la  $F_1$  para los casos del testigo, 90, 120 y 240 joules ya que los valores se incrementaron a 112.5 %, 90.8 %, 59.1 % y 23.3 % respectivamente. Para las dosis de 330 y 480 joules la aparición de  $F_1$  se detectó, en la revisión a los 60 días, observándose que la población crece en el caso del testigo de 138.3 % hasta 225.3 %. En 90 joules el incremento fue de 114.16 % a 154.1 %. Los datos encontrados para 120 joules nos demuestra que la población se ve incrementada de 83.3 % hasta 130 %, al igual que lo que sucede con los datos encontrados para 240 joules en donde pasan de 28.3 % a 58.3 %. En el caso de 330 joules vemos que solo existe un ligerísimo aumento que no llega siquiera al 1 % ya que los valores pasan de 25 % hasta 25.8 % o sea un 0.8 %, y en 480 joules los resultados encontrados van de 26.3 % hasta 26.6 % o sea un 0.3 %.

La tabla número 6, se refiere a la velocidad promedio de la aparición de  $F_1$  y  $F_2$ , en ella se --

puede observar, para los individuos irradiados sin-grano los siguientes resultados.

En el tiempo comprendido entre 30 y 80 días, - correspondiente a la aparición de  $F_1$  se encontró, - que la velocidad es de 0.932 individuos por día para el testigo, el cual aumentó en 90 y 120 joules, - hasta 0.95 y 1.36 individuos por día respectivamente. En el caso de 240, 330 y 480 joules, los valores encontrados fueron; 0.11, -0.03 y -0.25 individuos por día respectivamente.

En el tiempo entre 80 y 120 días, correspon---dientes a la aparición de  $F_2$ , el valor encontrado - para 0 joules ( testigo ) fué de 2.06 individuo por día, el cual descendió en todas las dosis hasta alcanzar valores negativos para los casos de 240, 330 y 480 joules, llegando hasta un valor máximo de --- -0.06 individuos por día.

Los resultados encontrados para los organismos irradiados con grano, en el lapso de 30 a 80 días - son; 0.95 individuos por día para 0 joules, esta cifra se aumentó en el caso de 90 y 120 joules, hasta 1.01 y 1.15 individuos por día respectivamente.

Para 240, 330 y 480 joules los valores encontrados fueron de 0.56, -0.08 y 0.11 individuos por día.

En el lapso entre 80 y 120 días, el valor hallado para 0 joules es de 2.05 individuos por día, el cual disminuyó hasta un valor de - 0.02 individuos por día, correspondiente a la dosis de 480 -- joules.

En la tabla número 7, referente al porcentaje de mortalidad de larvas expuestas a luz láser sin-grano, podemos observar que la mortalidad es mayor cuando la energía va aumentando.

Los valores hallados en la revisión a los 10-días, oscilan de 90.66 % en 90 joules a 100 % co-- rrespondientes para 330 y 480 joules.

Como se puede ver en la gráfica número 7, la-mortalidad aumenta a través del tiempo, convergien-do en 100 % todas las dosis en la revisión corres-pondiente a los 30 días, casi obtenida desde los - 20 días, ya que en la dosis más baja ( 90 joules ) la mortalidad fue de 97.5 %.

Las dosis letales se muestran en la gráfica - número 9, hallando un valor para DL - 100 / 30 de-

90 joules y para la DL - 50 / 30 de 9.33 joules.

En la tabla referente al porcentaje de mortalidad de larvas expuestas a luz láser con grano, se advierte lo mismo que en el caso anterior

En la revisión efectuada a los 10 días los valores fluctúan de 90 % correspondiente a 90 - joules hasta 100 % correspondiente tanto a 330 - como 480 joules. A los 20 días el valor de 100 % se presenta en 330 joules, y a los 30 días todas las dosis en las revisiones mostraron también el 100 % de mortalidad.

Las dosis letales se muestran en la gráfica número 10, determinándose como DL - 50 / 30 un valor de 9.33 joules y una DL - 100 / 30 de 90 - joules.

Todos los resultados fueron sometidos a la prueba estadística T de "Students" hallando que las diferencias son significativas entre las dosis.

En la tabla número 9, en relación con los Análisis Bromatológicos Proximales del maíz, variedad cacahuazintle, los valores se reportan en

porcentaje de materia seca.

El valor porcentual de la Materia Seca observado varía de 89.84 % correspondiente a los granos irradiados con 240 joules, hasta 94.35 en el caso de los irradiados con 90 joules, quedando el testigo, con un valor intermedio. Para el caso de la Proteína Cruda los valores oscilaron entre 8.62 % que corresponde al testigo y 9.08 % para 240 joules. En el Extracto Etereo o sea las grasas, encontramos que las cifras van de 3.91 en el caso de 480 joules hasta 6.93 % para 240 joules, teniendo por lo tanto los granos testigos un valor intermedio. Los resultados hallados para Cenizas, es decir de sales minerales van de 3.61 % para 480 joules, hasta 0.93 % para 0 joules.

Los datos de Fibra Cruda oscilan de 1.78 % en 120 joules hasta 3.69 % para 480 joules, presentando el grupo testigo un valor de 0.93 %. El extracto Libre de Nitrógeno presenta valores que van de 79.02 % en el caso de 240 joules a 83.91 % para el Testigo. Por último la Humedad presentó valores que van de 5.65 de 90 joules a 10.16 correspondien-

te a 240 joules, el testigo por lo tanto presenta un valor intermedio. Las pruebas estadísticas no presentan diferencias significativas entre las dosis, en relación al análisis químico.

Los datos en relación con la Germinación se encuentran en la tabla número 10, en donde se puede observar que las diferencias no son significativas. La raíz se detectó al día 2, presentando una longitud de 1.1 para los granos sin irradiar y 1.2 para los irradiados. El crecimiento de la raíz fué muy homogéneo entre ambos grupos, no existiendo nunca una diferencia mayor de 0.3 cm. La longitud máxima alcanzada fué de 14.7 cm. en el caso de los granos sin irradiar y 14.9 cm. para los irradiados. La aparición del tallo se pudo detectar el día 3 presentando una longitud de 0.6 cm en los granos no irradiados y 0.5 cm. los granos irradiados, también en este caso el crecimiento fué muy homogéneo, no existió nunca diferencia mayor de 0.2 cm. El valor máximo detectado fué de, 6.2 para el caso de los granos sin irradiar y 6.0 para el caso de los granos no tratados.

## DISCUSION.

De los resultados anteriores, vemos que las larvas, son muy sensibles a la radiación láser tanto dentro del gránulo como fuera de él, ya que los valores de mortalidad encontrados en la primera revisión aún en la dosis más baja es de 90 % ( tabla 8 ), también se observó una diferencia muy marcada tanto en el comportamiento, como en los efectos -- provocados por la irradiación, con respecto al testigo, ya que después de ser irradiadas presentan -- síntomas, que van desde un cierto grado de inmovilidad hasta una completa deshidratación, acompañada de un cambio ligero en la melanización.

Notable resultó, el hecho que las pupas provenientes de las larvas sobrevivientes, sometidas a luz láser, tardaron más del doble en llevar a cabo su desarrollo pupal, pero en ningún caso lograron sobrevivir en estado de preadulto.

Los adultos presentaron una relativa resistencia a la radiación, sin embargo fueron afectados -- por la exposición a la luz láser, provocando en -- ellos una marcada anorexia, inmovilidad y melaniza

ción, además es posible una ceguera, ya que la om  
tidias se encontraban marcadamente deshidratadas.

En todos los casos de adultos irradiados hubo oviposición, pero no fueron fértiles los irradiados a 330 joules, también varió la velocidad del desarrollo dependiendo de las dosis encontrándose la aparición de la  $F_1$  en el estado adulto para el caso de 0 joules, 90 y 120 joules a los 40 días, y en el caso de 240, 330 y 480 joules a los 60 días. (gráficas 5 y 6). existiendo por lo tanto en estos últimos casos alargamiento del ciclo de vida, este efecto fue igual tanto para los irradiados con gr no así como para los irradiados sin grano.

Los valores encontrados para la velocidad pro medio de aparición de  $F_1$  y  $F_2$ , muestra que no existe la aparición de la  $F_2$  en las dosis correspondientes a 240, 330, y 480 joules, puesto que los valores son menores o iguales a cero, lo cual nos indica una esterilización de la  $F_1$  en estas dosis en el caso de los organismos irradiados sin grano y en las dosis correspondientes a 330 y 480 joules para el caso de los organismos irradiados con grano.

Además se puede observar el aumento en la velocidad de aparición de la  $F_1$ , en las dosis de 90- y 120 joules para ambos casos o sea para los organismos irradiados sin grano y los irradiados con grano, lo cual muestra una inducción de la reproducción en estos insectos debido al factor empleado.

Los efectos generales más notables provocados por las radiaciones láser fueron:

- 1.- Deshidratación.
- 2.- Anorexia.
- 3.- Melanización.
- 4.- Inmovilidad.
- 5.- Alargamiento de la vida.
- 6.- Esterilización de  $F_1$  a dosis altas.
- 7.- Posible ceguera.
- 8.- Estimulación de la reproducción en dosis bajas.
- 9.- Mortalidad.

El retardo en el desarrollo de las larvas sobrevivientes, indica una alteración en el sistema de -

control del insecto, existiendo una posible perturbación en la secreción de las hormonas responsables de la diferenciación y de la metamorfosis. Probablemente se efectuaron las funciones o se destruyeron las células donde se originan dichas hormonas, como son los oenocitos, los cuales presentan una posición subhipodérmica y que son los responsables de la síntesis final de la ecdysona o en los corpora allata responsables de la producción de la hormona juvenil. Otro de los factores posibles que ayudan a explicar el retardo en el desarrollo, como se mencionó anteriormente, y lo cual se ha demostrado, es que la radiación láser puede cambiar la configuración de las moléculas y por lo cual alterar o anular su acción así como retardar la división celular, por pérdida de la sincronía por un periodo de tiempo después de ser sometidos a la irradiación.

Igualmente se ha visto que la radiación láser inhibe la actividad respiratoria, mediante la destrucción del citocromo B así como, la alteración de la fase "S" del ciclo celular modificando los sistemas enzimáticos vitales.

En el caso de las radiaciones gamma se ha explicado, que cuando se aplican en pequeñas dosis a los adultos, da como resultado una prolongación de la vida ya que induce a la diapausa según Whiting ( 1950 ) y cuando es aplicado a larvas también en dosis bajas, induce a la muda o a la pupación.

Al igual que en las radiaciones gamma, en caso de supervivencia, se detectaron síntomas de anoxia e inmovilidad, en estos insectos los cuales se recuperan después de un cierto tiempo.

Era de esperarse según la teoría de color, la cual nos dice que entre más oscuro es el color, - mayor cantidad de energía sería absorbida, que los adultos al resentar un color más oscuro fueran los más afectados, sin embargo fueron las larvas - no obstante su color, el estado más afectado, lo cual nos establece la relevancia de las características de la cutícula según el estado de desarrollo del insecto. Sucede que el choque de las ondas luminosas, producen una pérdida excesiva de líquidos por evapotranspiración, siendo por lo tanto la cutícula, un factor primordial en el efecto de la ra

dición láser.

En el caso de los adultos lo anterior funciona de igual forma pues notamos cierta radioresistencia misma que presenta a cualquier tipo de radiaciones, necesitándose energía más elevada para obtener el efecto deseado.

El tegumento presenta una estructuración más rígida, lo cual funciona como una barrera protectora provocando una menor absorción de la energía e impidiendo la pérdida del agua por evapotranspiración, sin embargo la energía es suficientemente absorbida, y actúa en otros sistemas vitales.

El hecho de que el desarrollo de la  $P_1$  sea más lento cuando fueron sometidos a dosis de 240, 330 y 480 joules y además de la esterilización que sufre, nos indica una posible alteración genética provocada por la irradiación en el momento del desarrollo del huevo o de la célula germinales, debido a que encuentran en gran actividad mitótica o meiótica, ya que se han demostrado que la luz láser es capaz de provocar la desaparición del huso acromático por un tiempo dado, es posible pensar en una errónea o-

no disyunción cromosómica o quizá una mutación.

El aumento en la velocidad de aparición de  $F_1$  a dosis bajas, se puede explicar como un incremento en el grado de división de la célula somática y germinales para reparar el efecto producido en los tejidos o sea una reacción de estimulación. Efecto similar se ha reportado en irradiación fraccionada con rayos gamma en Sitophilus granarius para los estados de huevo, larva y pupa, pero no en adultos según Jefferies ( 1966 ).

Si comparamos los efectos provocados por la radiación láser en Sitophilus zeamais Motsch. y en Tribolium confusum Duval. vemos que en general son similares.

Encontramos una mayor radioresistencia por parte de los adultos de Sitophilus zeamais, puesto que los valores de la DL - 50 y DL - 100 a los 30-días fueron de 145 y 831 joules respectivamente en caso de los organismos irradiados con grano. Los valores reportados para T. confusum son para DL - 50 de 49.0 joules y una DL - 100 de 250 joules a una potencia de 100 milliwatts, irradiados sin harina.

Con respecto a las larvas los valores son similares teniendo S. zeamais una DL - 50 de 9.33 joules y una DL - 100 de 90 joules, tanto para los organismos irradiados sin grano, como los irradiados con grano, T. confusum presenta una DL - 100 de 88 joules y una DL - 50 de 33 joules para los organismos irradiados sin harina; para el estado de pupa Tribolium confusum presenta una DL - 50 de 40 joules y una DL - 100 de 120 joules. En el estado de huevo se reporta una DL - 50 de 35 joules y una DL - 100 de 120 joules, lo cual nos indica que el estado más susceptible es el larva y el estado más resistente es el adulto, quedando por lo tanto como valores intermedios los correspondientes a huevos y pupas, de lo cual se puede suponer, que ocurra lo mismo en S. zeamais Motsch.

En la presente investigación no se trabajó con los estados de huevo y pupa por fallas de tipo técnico con la fuente de irradiación utilizada, que no pudo ser restaurada.

Apriori, la dosis de 1288 joules a una potencia de 100 miliwatts sería la más apropiada para -

provocar el 100 % de mortalidad en un tiempo menor a los 40 días.

Conociendo ya las dosis letales, se hizo necesario el conocimiento de si existía algún efecto - sobre los granos de maíz al ser sometidos a la irradiación, por lo cual se llevaron a cabo los análisis bromatológicos correspondientes y los de germinación, los cuales no arrojaron diferencia significativas, entre el testigo y cada una de las dosis empleadas, convirtiéndose por lo tanto en una ventaja favorable de la técnica propuesta como método de control físico de plaga.

Entre otras ventajas encontramos el costo, ya que comparado con el de los rayos gamma o un acelerador de partículas, este sería mínimo.

En el caso de rayos gamma, el costo de una fuente de cobalto 60 (  $\text{Co}^{60}$  ) se estableció en el Centro De Estudio Nucleares, de la U.N.A.M. para el modelo 1 - 600 - X - 2, un valor de \$ 750,000.- en noviembre de 1971, más \$ 40,000 del plomo para el blindaje, sin considerar los gastos inherentes a su uso y manutención.

Un acelerador de partículas tendría un costo -  
aproximado de \$ 2,000.- también sin contar los gas-  
tos de instalación y control.

El presupuesto actual de un equipo como el usa-  
do en el presente trabajo, sería alrededor de ---  
35,000.- pesos, y el costo de la energía eléctrica-  
para la realización de esta investigación fue de --  
\$ 0.75 .

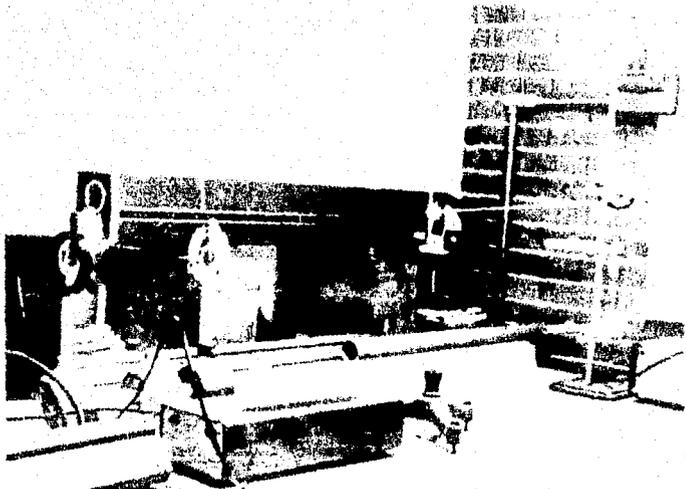
Los resultados expuestos anteriormente afirman  
la potencialidad de la radiación láser como un nue-  
vo método físico para el combate de insectos de pro-  
ductos almacenados.

Dada la importancia que en el presente tiene -  
la preservación de alimentos y el presupuesto tan -  
ínfimo de éste proceso, además de la facilidad de -  
realizarlo es de esperarse que su utilización en es-  
te campo implique un valor predominante en el futu-  
ro.

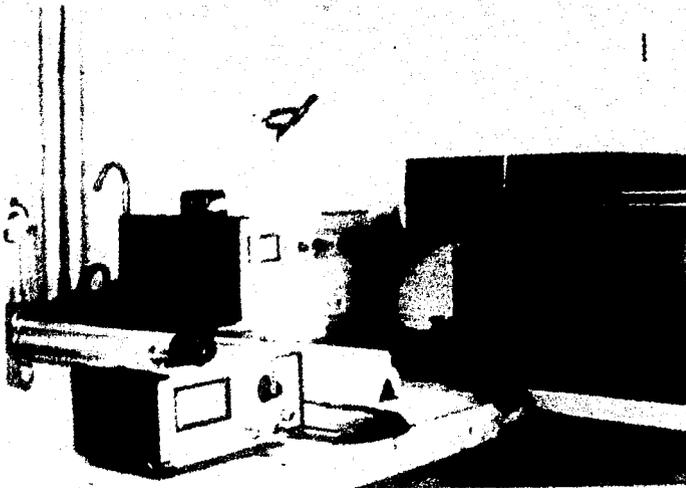


FOTOGRAFIA N.º. 1 - DISPOSITIVO EMPLEADO PARA  
REGULAR EL CAMPO DE IRADIACION.

- 1.- ESPEJO PLANO
- 2.- OJETIVO DE MICROSCOPIO DE 20 X
- 3.- RECIPIENTE PARA EL MATERIAL A IRADIAR



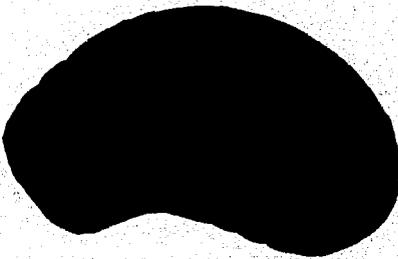
FOTOGRAFIA NO. 3 VISTA TOTAL DEL LASER TRABAJANDO, OBSERVARSE COMO EL HAZ INCIDE EN EL --  
DISPOSITIVO.



FOTOGRAFIA NO. 3 VISTA A MAYOR ACERCAMIENTO  
DONDE SE OBSERVA COMO SE AMPLIA EL HAZ, EN EL  
DISPOSITIVO EMPLEADO, ADENAS EL POTENCIOMETRO  
Y EL PANEL DE CONTROL DEL LASER.



(A)



(B)

**Fig.1 Sitophilus zeamais**

**A) Adulto**

**B) Larva**

APLICACION Y PRINCIPALES PROPIEDADES DEL LASER.

	COHERENCIA .	FRECUENCIA OPTICA ESTRECHA	DIVERGENCIA ESTRECHA DEL HAZ	GRAN INTENSIDAD
MEDICIONES MECANICAS	X			
LONGITUD PATRON		X		
SISMOGRAFO		X		
SENSOR DE VELOCIDAD ROTACION	X			
SISTEMAS DE LOCALIZACION			X	
COMUNICACION	X			
PODER DE TRANSMISION			X	
ESPECTROSCOPIA RAMAN		X		
EXPERIMENTOS DE RELATIVIDAD		X		
DIAGNOSTICO DE PLASMA				X
MICROSCOPIO ESPECTROSCOPICO				X
HOLOGRAFIA	X			
DEFENSA				X
METALISTERIA				X

Tabla 1

**PORCENTAJE DE MORTALIDAD DE ADULTOS**

**SITOPHILUS ZEAMAI**

**EXPUESTO A LUZ LASER A VARIOS NIVELES DE ENERGIA SIN GRANO**

POTENCIA milliwatts	ENERGIA joules	Días después del tratamiento.				
		10	20	30	40	60
0	0	1.66	1.66	2.5	2.5	2.5
1 0 0	9 0	8.3	15.83	19.16	19.16	20.0
1 0 0	1 2 0	21.6	36.6	45.0	45.0	48.83
1 0 0	2 4 0	44.16	61.66	66.66	69.16	69.16
1 0 0	3 3 0	65.0	70.83	74.16	78.3	78.3
1 0 0	4 8 0	50.0	77.5	81.66	81.66	81.66

PORCENTAJE DE MORTALIDAD DE ADULTOS

SITOPHILUS ZEAMIS

EXPUESTO A LUZ LASER A VARIOS NIVELES DE ENERGIA CON GRANO

POTENCIA milliwatts.	ENERGIA joules	Días después del tratamiento.				
		10	20	30	40	50
0	0	2.5	3.33	4.16	4.16	4.16
100	90	7.5	12.5	16.66	16.66	16.66
100	120	32.5	40.8	42.0	43.33	44.16
100	240	39.16	60.83	70.0	70.0	70.83
100	330	53.33	61.66	65.83	69.16	69.16
100	480	55.0	75.8	78.3	78.3	79.16

Tabla 3

SITOPHILUS ZEAMAI

EXPUESTO A LUZ LASER A VARIOS NIVELES DE ENERGIA SIN GRANO

POTENCIA miliwatts.	ENERGIA joules	Días después del tratamiento							
		10	20	30	40	60	80	100	120
0	0	98.6	98.6	98.0	115.3	130.0	144.6	200	227.3
100	90	91.6	84.16	80.83	90.8	122.5	128.3	131.6	156.66
100	120	78.3	63.3	43.3	70.8	106.6	111.6	117.5	119.1
100	240	55.3	38.3	33.3	31.6	40.83	39.16	38.3	36.6
100	330	35	28.3	25	21.6	23.3	23.3	21.6	20.8
100	480	50	22.5	18.3	24.16	28.3	30.8	30.8	30

Tabla 4

PORCENTAJE DE SUPERVIVENCIA DE ADULTOS

SITOPHILUS ZEAMAI

EXPUESTO A LUZ LASER A VARIOS NIVELES DE ENERGIA CON GRANO

POTENCIA miliwatts.	ENERGIA joules	Días después del tratamiento							
		10	20	30	40	60	80	100	120
0	0	97.5	96.6	95.8	112.5	138.3	143.3	202.6	225.3
100	90	92.5	87.5	83.3	90.8	114.6	134.6	139.1	154.1
100	120	67.5	60	57.5	59.1	83.3	115	128.3	130
100	240	52.5	30.8	21.6	23.3	28.3	50	56.6	58.33
100	330	46.6	35	30.8	23.3	25	26.6	26.6	25.8
100	480	45	24.1	21.6	20.5	26.33	27.5	26.6	26.6

Tabla 5

VELOCIDAD PROMEDIO DE APARICION DE  $F_1$  Y  $F_2$

INDIVIDUOS IRRADIADOS  
SIN GRANO

ENERGIA ( Joules )	TIEMPO ( días )	
	30 - 80	80 - 120
0	0.932	2.06
90	0.95	0.70
120	1.36	0.18
240	0.11	- 0.06
330	- 0.03	- 0.06
480	0.25	- 0.02

INDIVIDUOS IRRADIADOS  
CON GRANO

ENERGIA ( Joules )	TIEMPO ( días )	
	30 - 80	80 - 120
0	0.95	2.05
90	1.01	0.49
120	1.15	0.37
240	0.56	0.20
330	- 0.08	- 0.02
480	0.11	- 0.02

UNIDADES EN IND./ DIAS

TABLA 6

PORCENTAJE DE MORTALIDAD DE LARVAS

SITOPHILUS ZEAMAI

EXPUESTO A LUZ LASER A VARIOS NIVELES DE ENERGIA SIN GRANO

POTENCIA miliwatts.	ENERGIA joules	Días después del tratamiento.				
		10	20	30	40	60
0	0	2.6	10.66	12.66	12.66	12.66
100	90	90.66	97.5	100	100	100
100	120	93.33	99.16	100	100	100
100	240	98.33	100	100	100	100
100	330	100	100	100	100	100
100	480	100	100	100	100	100

Tabla 7

PORCENTAJE DE MORTALIDAD DE LARVAS

SITOPHILUS ZEAMAI

EXPUESTO A LUZ LASER A VARIOS NIVELES DE ENERGIA CON GRANO

POTENCIA miliwatts	ENERGIA joules	Días después del tratamiento.				
		10	20	30	40	60
0	0	6.66	9.33	11.33	11.33	12.66
1 0 0	9 0	90.0	98.33	100	100	100
1 0 0	1 2 0	90.83	97.5	100	100	100
1 0 0	2 4 0	95.83	97.5	100	100	100
1 0 0	3 3 0	100	100	100	100	100
1 0 0	4 8 0	100	100	100	100	100

**ANALISIS BROMATOLOGICO PROXIMALES**  
**MAIZ CACAHUAZINTLE**

ENERGIA (Joules)	0	90	120	240	480
MATERIA SECA %	93.97	94.35	94.27	89.89	92.88
HUMEDAD %	6.03	5.65	5.73	10.16	7.12
PROTEINA CRUDA *	8.62	8.90	8.82	9.08	8.99
EXTRACTO ETereo *	4.48	4.49	4.09	6.93	3.91
CENIZAS *	0.93	0.97	1.45	1.67	3.61
FIBRA CRUDA *	2.06	2.27	1.78	3.29	3.69
EXTRACTO LIBRE DE N *	83.91	83.38	83.86	79.02	80.25

\* B. S %

TABLA 9

GERMINACION DEL MAIZ CACAHUAZINTLE

SIN IRRADIAR

DIAS	TALLO	RAIZ
1	0	0
2	0	1.1
3	0.6	2.3
4	1.0	3.2
5	2.5	5.1
6	3.1	6.3
7	4.1	8.2
8	4.8	10.6
9	5.3	12.9
10	6.2	14.9

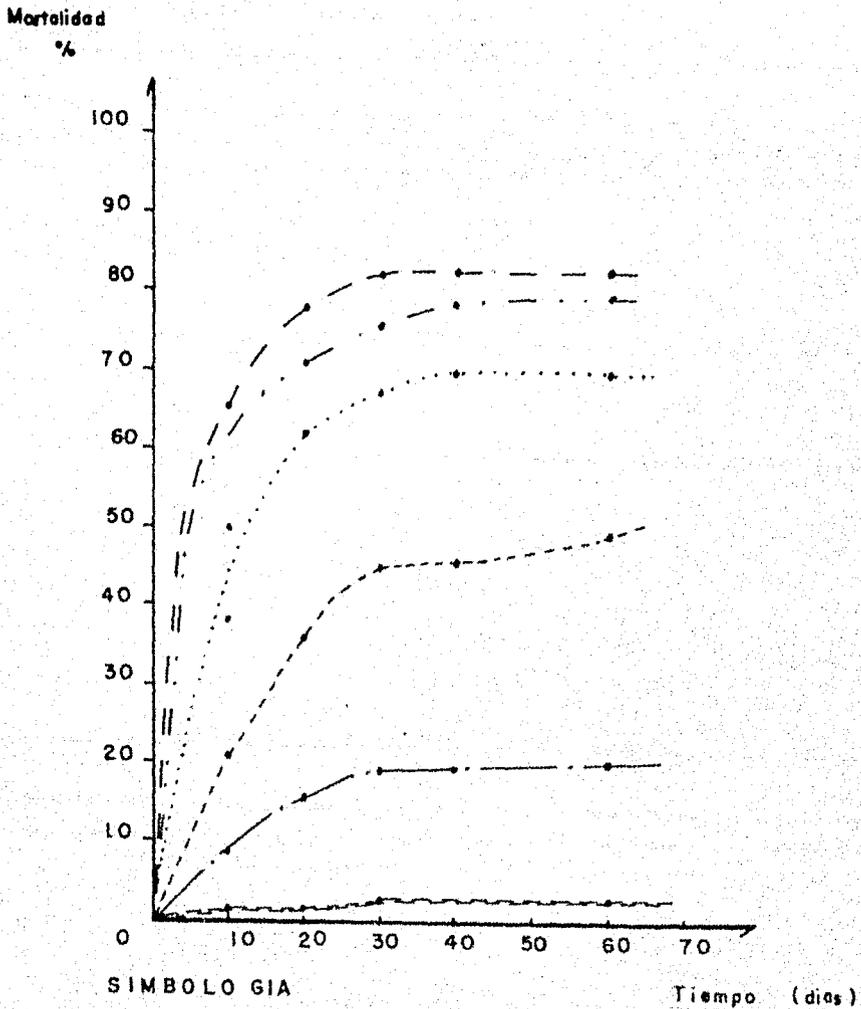
IRRADIADO

DIAS	TALLO	RAIZ
1	0	0
2	0	1.2
3	0.5	2.4
4	0.9	3.1
5	2.4	5.3
6	3.2	6.0
7	4.1	8.4
8	4.9	10.8
9	5.4	13.0
10	6.0	14.9

U. en cm.

TABLA-10

GRAFICA 1 ADULTOS SIN GRANO  
SITOPHILUS ZEAMAI



SIMBOLO GIA

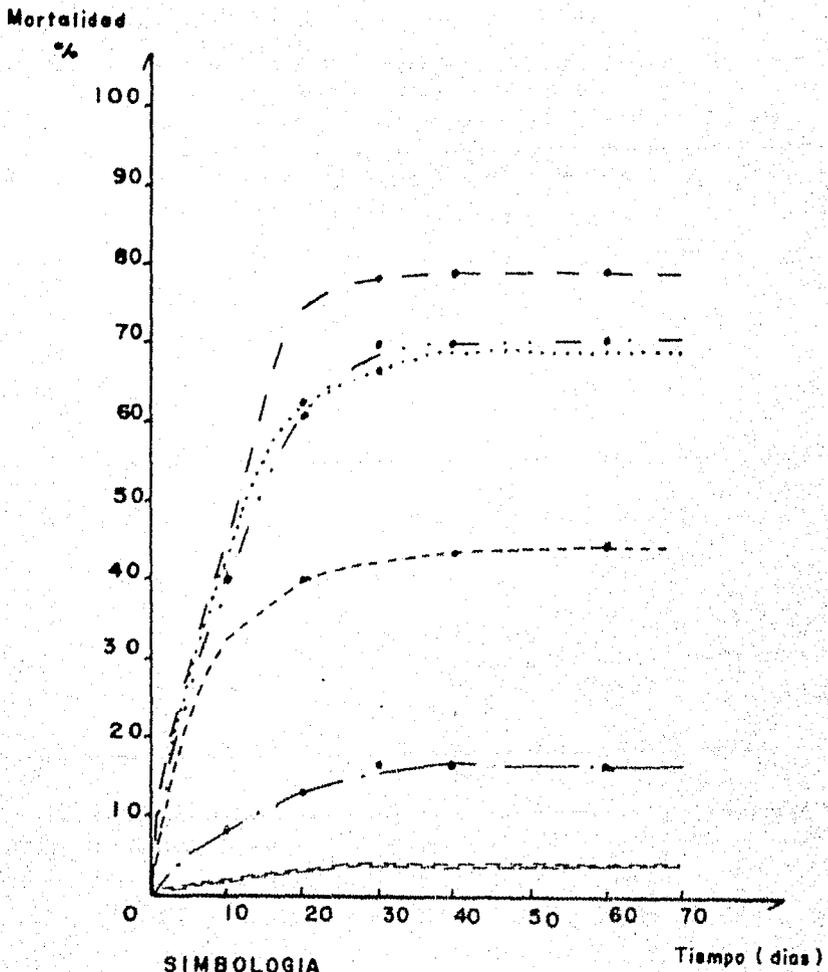
- — — — — 480 J.
- . - . - . 330 J.
- ..... 240 J.
- - - - - 120 J.
- — — — — 90 J.
- ~~~~~ 0 J.

Tiempo (dias)

MAXIMA MORTALIDAD

81.66 %

GRAFICA 2 ADULTOS CON GRANO  
SITOPILUS ZEAMIS



SIMBOLOGIA

—	0	J
- - -	480	J
- · - · -	240	J
· · · · ·	330	J
- - -	120	J
- - -	90	J

MAXIMA MORTALIDAD

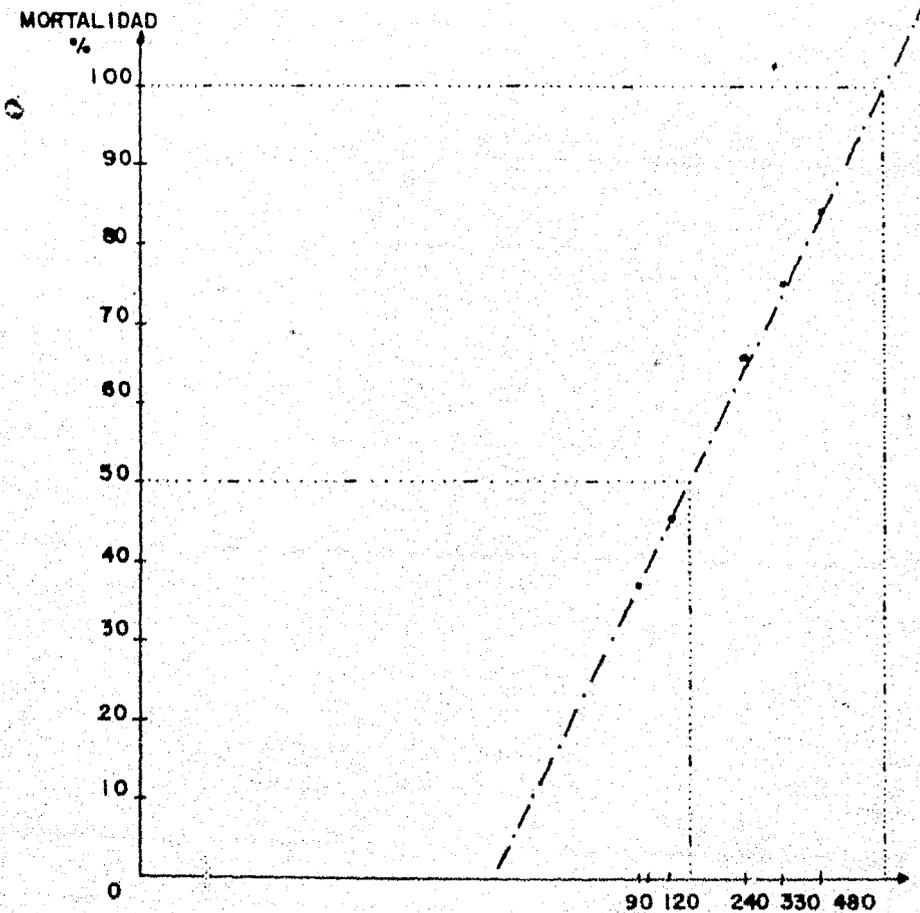
79.16 %

ADULTOS SIN GRANO

GRAFICA 3

SITOPHILUS

ZEAMAI S



DOSIS LETAL 50 - 145 JOULES.

DOSIS LETAL 100 - 831 JOULES.

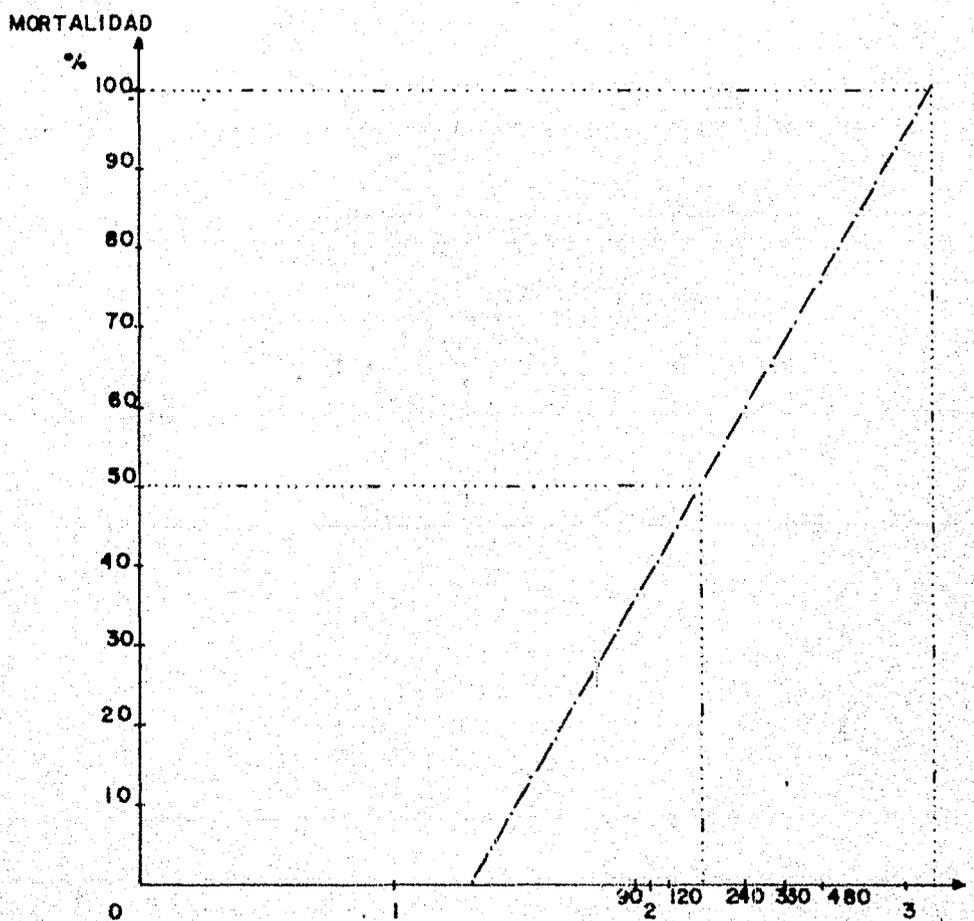
LOG. DE LA DOSIS

( JOULES )

ADULTOS CON GRANO

GRAFICA 4

SITOPHILUS ZEAMAI



LOG. DE LA DOSIS

( JOULES )

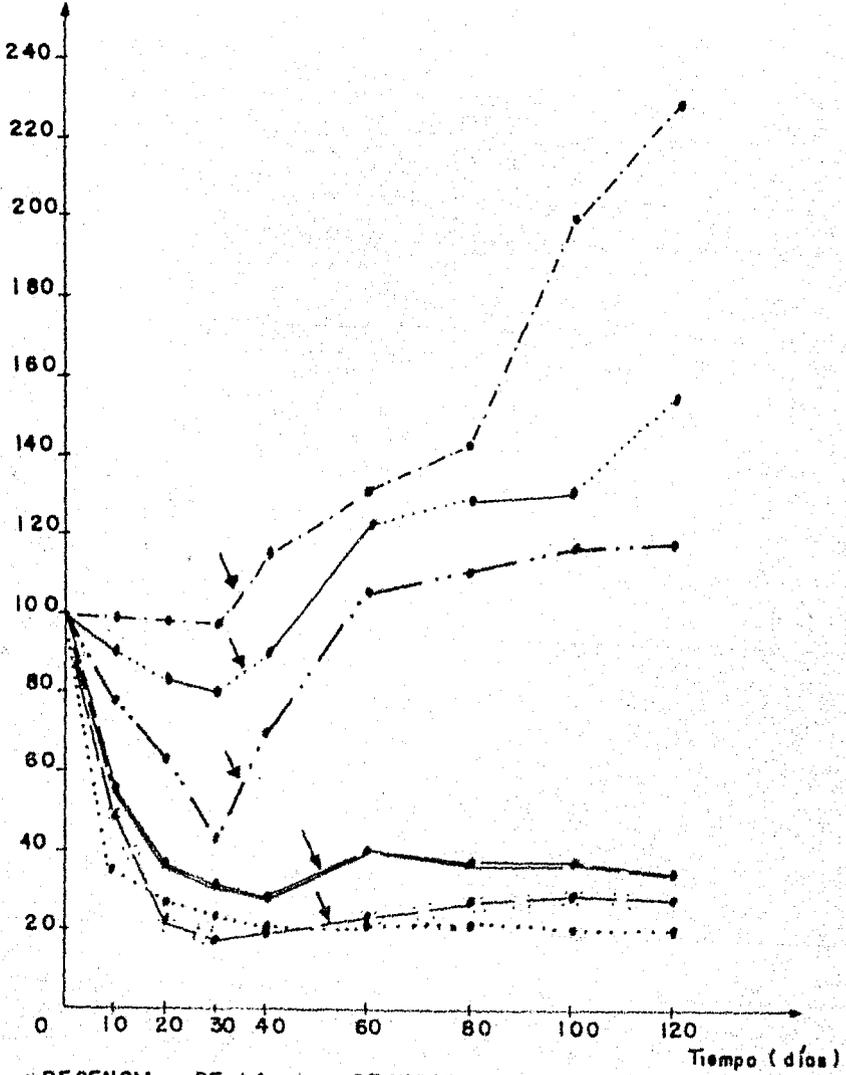
DOSIS LETAL 50 — 162 JOULES

DOSIS LETAL 100 — 1288 JOULES

ADULTOS SIN GRANO  
GRAFICA 3

SITOPHILUS ZEAMAI

SUPERVIVENCIA  
%



PRESENCIA DE LA 1a. GENERACION  
SIMBOLOGIA

- - - - - 0 J      - - - - - 120 J      ..... 330 J  
 - - - - - 90 J      - - - - - 240 J      - - - - - 480 J

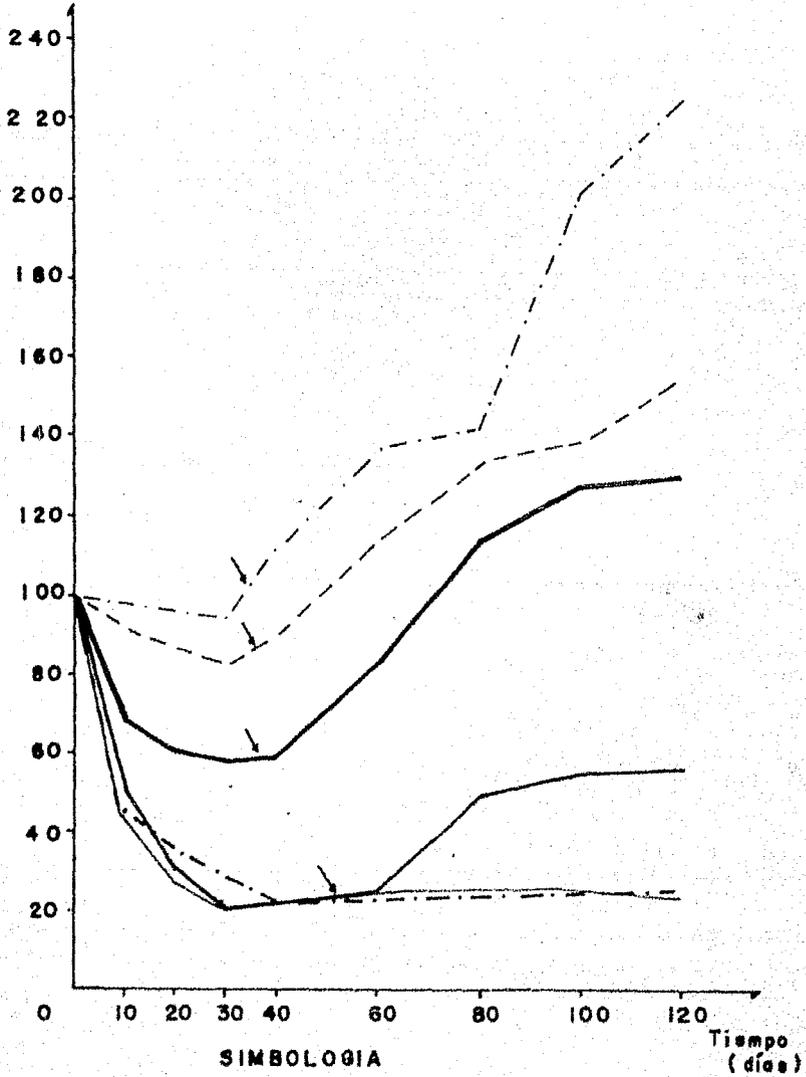
ADULTOS CON GRANO

GRAFICA 6

SITOPHILUS

ZEAMAI

SUPERVIVENCIA  
%



PRESENCIA DE LA 1ª GENERACION

- 0 J.    — 120 J.    - - - 330 J.
- - - 90 J.    — 240 J.    — 480 J.

LARVAS SIN GRANO

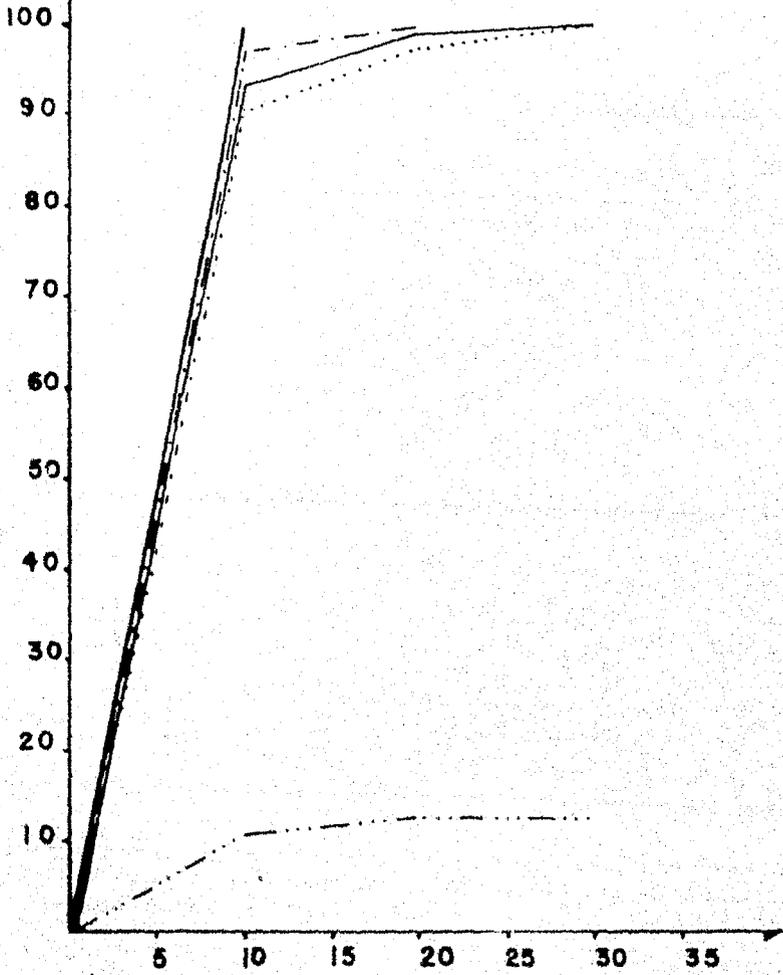
GRAFICA 7

SITOPHILUS

ZEAMAI

MORTALIDAD

%



SIMBOLOGIA

TIEMPO  
(dias)

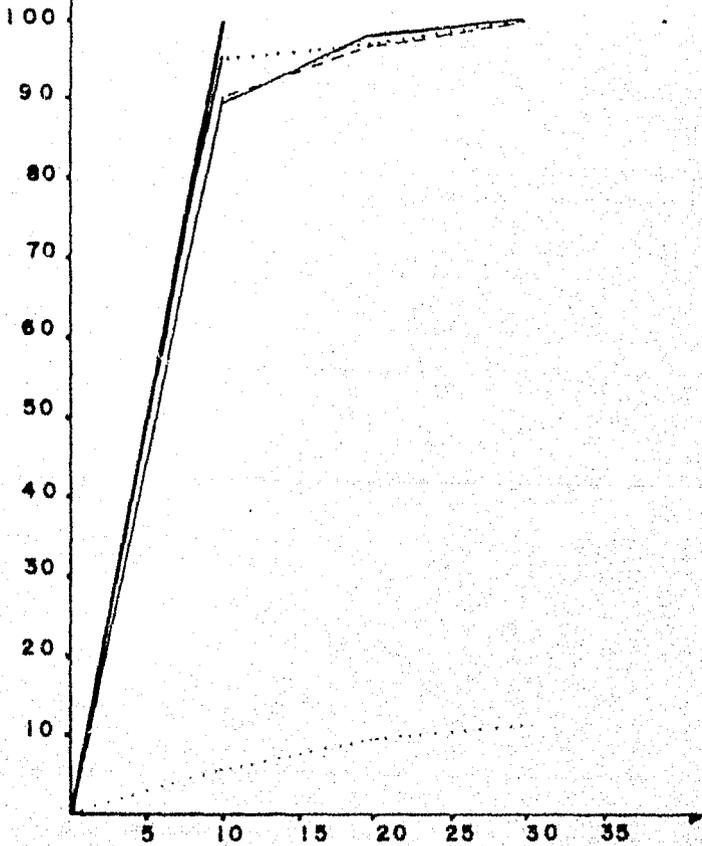
- 480 J
- - - 330 J
- · - 240 J
- · · 120 J
- · · 90 J
- - - 0 J

LARVAS CON GRANO  
GRAFICA 8

SITOPHILUS ZEAMAIIS

MORTALIDAD

%



TIEMPO  
(dias)

SIMBOLOGIA

—	480	J
—	330	J
...	240	J
- - -	120	J
—	90	J
...	0	J

LARVAS SIN GRANO

GRAFICA 9

SITOPHILUS ZEAMAI

MORTALIDAD

%

100

90

80

70

60

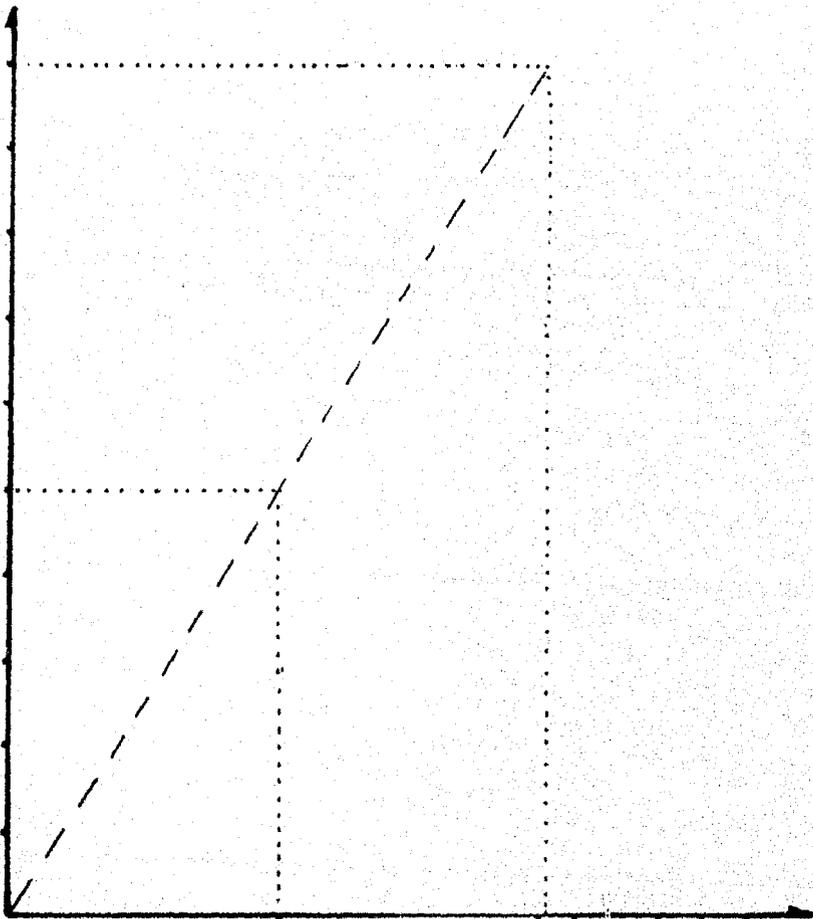
50

40

30

20

10



9.33

90 120 240 330 480

LOG. DE LA DOSIS

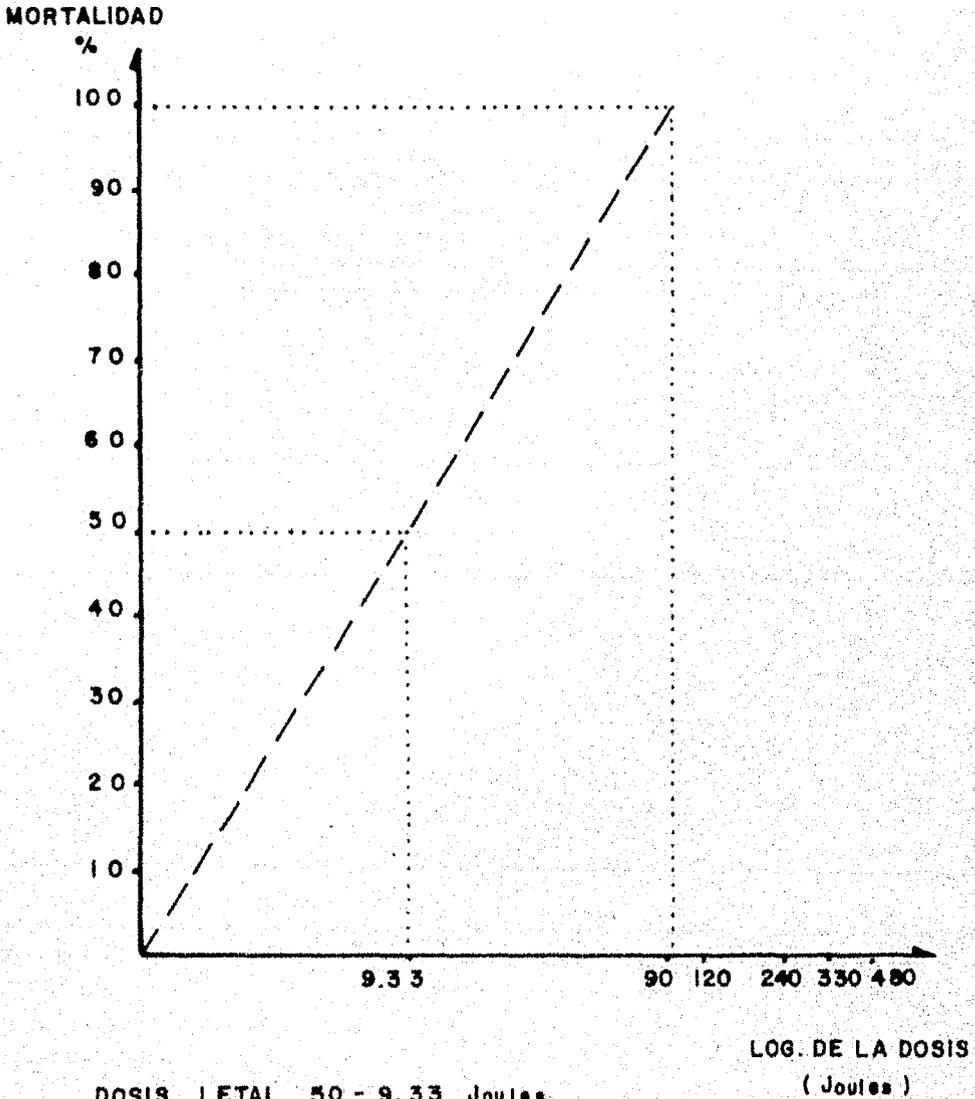
( Joules )

DOSIS LETAL 50 - 9.33 Joules

DOSIS LETAL 100 - 90 Joules

LARVAS CON GRANO  
GRAFICA 10

SITOPHILUS ZEAMIS



DOSIS LETAL 50 - 9.33 Joules

DOSIS LETAL 100 - 90 Joules

LITERATURA CITADA

- 1.- BELLIN J. S., YANKUS C. A. 1968 Influence of dye binding on the sensitized photooxidation of amino acids. Arch. Biochem. Biophys. 123:18 .
- 2.- BIRCH L. C. 1944 Two strains of Calandra oryzae - ( L ) ( Coleoptera ). Aust. J. Exp. Biol. Med. Sci. 22: 271- 275.
- 3.- BLOOM W., ZIRKLE R. E., URETZ R. B. 1955 Irradiation of parts of individual cells. III Effects of chromosomal and extrachromosomal irradiation on chromosome movements. Ann. N. Y. Acad. Sci. 59:503
- 4.- BROWN A. Q., ZIRKLE R. E. 1967 Action spectra for mitotic spindle destruction and anaphase delay following irradiation of the cytoplasm with an ultraviolet microbeam. Photochem. Photobiol. 6:817.
- 5.- BROWN T. E., TRUE C., MC LAURIN R. L., HORNBY P., - ROCKWELL R. J. 1966 Acute effects on cerebral cortex. Neurology 16:730.
- 6.- CARLSON J. G., GAULDEN M. E., JAGGER J. 1960 Mito

tic effects of monochromatic ultraviolet irradiation of the nucleolus, in " Progress in Photobiology " ( B. C. Christensen and B. Buchmann, eds. ) 251 - 253 pags., Elsevier Publishing Company, Amsterdam.

- 7.- FINE S., KLEIN E. 1 965 Biological effects of laser radiation. Adv. Biol. Med. Phys. 10:149.
- 8.- FLOYD E. H., NEWSOM L. D. 1959 Biological study of the rice weevil complex. Ann. Entomol. Soc. Am. 52:687-695.
- 9.- FOX J. L., STEIN M. N., HAYES J. R. 1 966 Laser and their neurosurgical application. Mil. Med. 131 : 493.
- 10- GIESE A. C., MC CAW B., CORNELL R. 1 963 Retardation of division of three ciliates by intermittent and continuous ultraviolet radiation at different temperatures. J. Gen. Physiol. 46:1095
- 11- GOLDMAN L., IGELMAN J. M., RICHFIELD D. F. 1964 Impact of the laser on nevi and melanocoma. --- Arch. Dermatol. 90 : 71.

- 12.- GOLDMAN L. 1964 Applications of the laser beam to cancer biology. Int. J. Cancer. 1 : 309.
- 13.- GOLDMAN L., ROCKWELL R. L., POWELL C. 1 968 --  
Some aspects of chronic exposure to laser radiation. Laser Ind Assoc. 1 968 Convention Wash., A. C. Oct. 24-25.
- 14.- HELSPER J. T., SHARP G. S., WILLIAMS H. F., FISHER H. W. 1 964 Biological effect of laser -- energy on human melanoma. Cancer 17 : 1299
- 15.- HOYE R. C., MINTON J. P. 1965 Thermo gas ion laser as a light-knife. Surg. Forum 16 : 93
- 16.- HOYE R. C., WEISS G. H., KETCHAM A. S. 1 966 -- Growth rate of experimental tumor after the use of laser energy. J. Natl. Cancer. Inst. 37:819.
- 17.- HU C., LAURIDSON J., BARNES F. S. 1 967 Thermal damage to biological materials. Ann. Rep. --  
U. S. Army Med. Res. Dev. Comm. DA-49-193-MD---  
2652:1.
- 18.- JEFFERIER D. J. IN CORNWELL P. B. 1 966 Effects of continuous and fractionated doses of gamma ra

diation on the survival and fertility of Sitophilus granarius ( L. )

- 19.- KETCHAM A. S., MINTON J. P. 1 965 Laser radiation as a clinical tool in cancer therapy. --- Surg. Clin. N. Am. 47 (5):1249.
- 20.- KONO T. 1 955 Rice weevil ( Scientific results of the Japanese expeditions to Nepal Himalaya 1 952-53 ). Fauna Flora Nepal Himalaya 1:385-390.
- 21.- KUSCHEL G. 1 961 On problems of synonymy in the Sitophilus oryzae complex ( 30 th contribution, Col. Curculionidae ). Ann. Mag. Nat. Hist.( ser. 13 ) 4: 241- 244.
- 22.- LAOR Y., SIMPSON C. L., KLEIN E., FINE S. 1965 Pathology of laser irradiation of the skin and body wall of the mouse. Am. J. Pathol. 47:643
- 23.- MAIMANN T. H. 1960 Stimulated optical radiation in ruby. Nature 187:493.
- 24.- MC GUFF P. E., DETERLING R. A. JR., GOTTlieb L S, FAHIMI H. D., BUSHNELL D. 1 964 Surgical-

applications of laser. Ann. Surg. 160:765.

- 25.- MC GUFF P. E., BUSHNELL D., SOROFF H., DETERLING R. A. JR. 1 963 Studies of the surgical applications of laser. Surg. Forum. 14:143.
- 26.- MC LAREN A. D. 1964 Photochemistry of macromolecules in " Photophysiology " (A. C. Giese ed.) 1:65-82. Acad. Press N. Y.
- 27.- MINTON J. P., MERRITT J. A., DEARMAN J. R., - MC KNIGHT W. B. 1965 Spectra observed from-laser plume in normal and malignant tissue of rodents. Life Sci. 4:1681
- 28.- MOTSCHULSKY V. 1 855 Etudes entomologiques 4:77-78.
- 29.- MULLINS F., JENNING B., MC CLUSKY L. 1 968 Liver resection with the continuous wave carbon-dioxide laser. Am. Surg. 34 (10): 717
- 30.- PATHAK M. A., STRATTON K. 1 968 Free radical in human skin before and after exposure to -- light. Arch. Biochem. and Biophys. 123(3):468

- 31.- RICHARDS O. W. 1 944 Two strains of the rice weevil, Calandra oryzae ( L. ) ( Coleoptera )  
Trans. R. Entomol. Soc. Lond. 94:197-200.
- 32.- ROUNDS D. E., ADAMS J. E. 1 964 DNA Metabolism in synchroized cells following laser radiation.  
Abstr. Third Boston Laser Conf. 123 pags.
- 33.- Rupert C. S. 1 964 Photoreactivation of ultra violet damage, in " Photophysiology " ( A. C. Giese ed. ) 2:283-327. Acad. Press N. Y.
- 34.- SADREDDING SHARIFI, MILLS B. R. 1 971 Radiographic studies of Sitophilus zeamais Motsch. in -- wheat kernels. J. Stored Prod. Res. 7:195-206
- 35.- SCHAWLOW L. A., TOWNES H.C. 1958 Maser optics y para infrarrojos AIAA 64:1495.
- 36.- SCHAWLOW L. A. 1 959 Operation an frecuency of gaseous optical Maser. NASA 64:15466.
- 37.- WHITING A. R. 1 950 Anat. Rec. 108 :609.