



1/6/79

125
86

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

**EFFECTO DE UN LASER CONTINUO DE ARGON EN
Tribolium castaneum HERBST**

6419

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
YOLANDA RICO CORIA

103

MEXICO, D. F.

1979

26 p.



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.

I N D I C E .

	Página.
I INTRODUCCION	1
II NACIMIENTO Y DESARROLLO DEL RAYO LASER	7
III LASER FUNCIONAMIENTO	11
a) CAVIDADES RESONANTES OPTICAS	12
IV <u>Tribolium castaneum</u> HERBST.	14
V MATERIALES Y METODOS	17
VI RESULTADOS	19
VII DISCUSION	22
VIII LITERATURA CONSULTADA	

INTRODUCCION

Existen en México grandes pérdidas económicas en granos y cereales causadas por 4 diferentes plagas, tanto para las cosechas en el campo como las de los almacenes donde se guardan las semillas que posteriormente se utilizan como alimento para los seres humanos y animales, las cuatro plagas son:

- 1) los insectos (principalmente coleópteros y lepidópteros)
- 2) los microorganismos (hongos y bacterias)
- 3) los roedores (ratas y ratones)
- 4) los pájaros, en el campo antes de la cosecha aunque también pueden ocasionar daños en los almacenes donde pueden entrar libremente.

En la zona de la meseta central de la República Mexicana, donde existen grandes bodegas de granos son generalmente los "insectos" los que causan perjuicios de consideración junto con los roedores, estando los microorganismos y los pájaros colocados en una situación secundaria (Ramírez Genel, 1979).

Existen más de 300 especies de insectos asociados con los granos almacenados pero sólo se consideran 15 especies como cosmopóliticas y de importancia económica por las pérdidas ocasionadas.

Los ordenes Coleóptera y Lepidóptera, agrupan a los insectos que causan grandes daños o destruyen por completo las semillas en las bodegas y almacenes; comunmente se les agrupa con los nombres de "gorgojos" y "palomillas".

Los Coleópteros y los Lepidópteros presentan Metamorfosis completa son Holometábolos sus estados del desarrollo son:

Huevo - Larva - Pupa - Adulto

En los estados biológicos antes mencionados los que causan mayor número de perjuicios son los adultos cuando se alimentan y ovipositan en las harinas y granos, así como el estado larval que con su apetito voraz propio de éstos estadios fisiológicos son las más destructivas y responsables de la mayor parte del daño que ocasionan éstos insectos. Las pupas son el estado biológico de reposo de éstos insectos y no causan daño mecánico a los granos y semillas. Los insectos causan dos tipos de daños a los granos y las semillas en el almacén, un daño consiste en la destrucción y el consumo del grano por los adultos y estadios larvarios de los insectos, con fines alimenticios y la oviposición, además de la contaminación que ocasionan sus excrementos y sus cuerpos muertos. El otro daño es el deterioro producido por la condición anormal del grano mismo y por los metabolitos de los insectos que lo infestan. Ambos tipos de daños, independientemente de los otros factores demeritan considerablemente la calidad alimenticia del grano, el valor económico y el poder germinativo de la semilla. Se ha estimado generalmente en un 5% del total, la pérdida causada por los insectos a la producción mundial de cereales (Ramírez Genel, 1979).

Por lo tanto se han usado una serie de técnicas o diversas estrategias para combatir a los insectos que atacan a los granos almacenados

Los métodos de Control Químico como son el uso de insecticidas y pesticidas como el DDT, el Dieldrín y el HCH, que se encuentran en el grupo de los organoclorados, se sabe que tienen una vida relativamente larga en el suelo; al cabo de 14 años puede permanecer un 50% de la aplicación inicial. Además con su utilización reduce algunas especies de insectos útiles, contribuyendo a la aparición de nuevas plagas.

En cambio los métodos de control físico no contaminan los alimentos ni el ambiente donde se aplican.

Los métodos de control físico y mecánico pueden ser preventivos y correctivos se basan en el conocimiento de la ecología de la plaga y en la certeza de que en la Biología todas las especies existen límites de tolerancia, tales como extremos de temperatura, humedad, sonido durabilidad física y respuestas a varias regiones del espectro electromagnético (National Academy of Sciences, 1978).

Temperatura.- los insectos siendo poiquilotermos, dependen, en gran parte de las temperaturas ambientales para el mantenimiento de su actividad; los efectos de las temperaturas ambientales se dirigen hacia los grados metabólicos a través de cambios en la reactividad enzimática y la permeabilidad de la membrana. Por lo común las temperaturas del insecto no son más de 2 a 3 grados diferentes a las del medio ambiente, aunque muchos insectos están adaptados a permanecer vivos a extremos en apariencia intolerables, tanto de calor como de frío

El calentamiento o enfriamiento artificial de los productos almacenados, o de los molinos y fábricas donde dichos productos son procesados, es un método común para evitar el daño de insectos. Casi todos los insectos se vuelven inactivos a temperaturas entre 15 y 4.4°C. (Unos cuantos insectos son muertos a éstas temperaturas, a menos que estén expuestas a ellas por un tiempo considerable). Los insectos en invernación frecuentemente resisten temperaturas de 2.8 a 3.4°C. o por debajo. No es seguro que la exposición a dichas temperaturas mate a los huevecillos de especies tales como los gorgojos de los granos. Pero prácticamente ningún daño ocurrirá a los insectos a temperaturas por debajo de 4.4°C. Las temperaturas bajas no son tan efectivas como las temperaturas elevadas para matar insectos, pero el almacenamiento de productos alimenticios a temperaturas abajo o cerca de congelación,

evitará todo el daño causado por los insectos. Los cambios de las temperaturas bajas a altas y viceversa, son más efectivas para matar a los insectos que las temperaturas bajas constantes (Metcalf y Flint, 1975).

Humedad.- las plagas que atacan a los granos almacenados son menos atraídas por los granos secos, además cuando el grano es almacenado con exceso de humedad, automáticamente se predispone a un calentamiento excesivo o espontáneo, debido a su alto índice respiratorio y simultáneamente, a la descomposición y pérdida de este grano por el ataque de hongos, bacterias e insectos. Entre más seco se encuentre el grano almacenado y más baja sea la temperatura en el almacén o bodega la conservación de éste es mucho mejor.

Bajo las condiciones ecológicas de México, el maíz desgranado no se almacena con seguridad por lapsos mayores de un año, si su contenido de humedad (base húmeda inicial), excede del 13%. En el caso del trigo, tanto el duro como el suave, la humedad máxima recomendable durante el almacenamiento es hasta del 14% para su conservación eficiente (Ramírez Genel, 1979) está plenamente demostrado que, en contenidos de humedad menores del 9%, es muy difícil que los insectos puedan prosperar en su desarrollo en masas de granos en esas condiciones. Desafortunadamente este 9% de humedad no es muy común que se obtenga en la práctica bajo condiciones normales de almacenamiento de granos.

Sonido.- desde hace mucho tiempo se ha considerado el uso de sonidos como una posibilidad para el control de insectos, pero los resultados de algunas observaciones en pruebas prácticas que se han hecho, han sido desalentadores. Se han sugerido tres métodos básicos: el uso de sonidos de muy alta intensidad para la destrucción física;

el empleo de sonidos altos para repeler las plagas, y la utilización de sonidos grabados producidos por insectos, o imitaciones de éstos para influenciar el comportamiento.

Luz.- se ha utilizado para atraer a muchas especies fuertemente fototrópicas hacia el interior de trampas, de las cuales no pueden escapar o donde son ahogados o envenenados. En general los insectos parece que son atraídos fuertemente por la radiación en la región ultravioleta, más o menos 3650 Angstroms, y las lámparas ultravioleta son utilizadas para capturar palomillas de vuelo nocturno (Metcalf y Flint, 1975).

Radiaciones Ionizantes.- producidas por partículas alfa o núcleos de Helio (sin electrones), partículas beta (electrones de alta velocidad), neutrones y rayos gamma o rayos X. Las partículas alfa están muy fuertemente cargadas para penetrar en los tejidos y los neutrones que aunque son extremadamente penetrantes, producen reacciones químicas indeseables en la mayoría de las sustancias y no han demostrado ser útiles en el combate de insectos las partículas beta de elevada energía usadas experimentalmente en dosis de 70 000 a 350 000 equivalentes "roentgen" han matado a los mayates del polvo de los postes dentro de la madera, a los mayates confusos de la harina en ésta y a las larvas de la palomilla de la manzana y de la palomilla de la papa en los tejidos de la planta pero la penetración es limitada. Los Rayos Gamma son extremadamente penetrantes pero el poder ionizante es bajo y los insectos son extremadamente resistentes requiriendo dosis del orden de 65 000 "roentgens" para ser letales, en comparación con 1000 "roentgens" para mamíferos de laboratorio. Tal radiación puede ser producida por el Co^{60} o de productos de desperdicio de fusión nuclear tal como el Cs^{137} , dosis mucho más bajas son capaces de esterilizar insectos (Metcalf y Flint, 1975).

En Tribolium confusum se han hecho estudios con Co^{60} y se ha logrado esterilidad e incluso muerte en los diferentes estados del ciclo Biológico (Conconi J. Ramos-Elorduy , 1966).

Los Rayos X son capaces de esterilizar a machos impidiendo posteriormente la reproducción ya que al aparearse con las hembras éstos ya no pueden fecundar y ovipositan huevecillos anormales que no van a producir progenie esto se ha experimentado en diversos insectos tales como la pupa del gusano barrenador que se ha irradiado con Rayos X en un lapso de dos días de la etapa adulta, una dosis de 2 500 R. esterilizó a los machos, pero fue necesaria una dosis de 5 000 R. para esterilizar a las hembras (National Academy of Sciences, 1978).

Las radiaciones citadas anteriormente poseen las desventajas de necesitar instalaciones costosas y personal altamente capacitado para su uso y evitar con ello los peligros que éstas radiaciones ofrecen a los seres humanos.

NACIMIENTO Y DESARROLLO DEL RAYO LASER.

Sería alrededor de los años 1913-1917 con los estudios de Planck y Einstein. Las investigaciones de éste último, el gran físico alemán Alberto Einstein en el año de 1917 sobre la emisión estimulada, hicieron que varias décadas después se propusiera con base a este principio la amplificación de microondas en los trabajos que realizaron Weber y Townes en Estados Unidos de Norte América; y en Rusia independientemente y casi al mismo tiempo, llevaron a cabo estudios similares Prokhorov y Basov (Gordon Troup, 1969).

Algunos años después, cuando J.P. Gordon y C.Townes estudiando las propiedades de la molécula de amoníaco, propusieron la fabricación de un amplificador de ondas electromagnéticas con longitudes de onda muy cercanas a la luz ordinaria.

Este método de amplificar la luz en forma análoga a la amplificación de señales eléctricas era bastante original, basándose en las propiedades atómicas que posee la molécula de amoníaco, los resultados fueron publicados en 1954 por Gordon Troup, Zeiger y Townes. Fue así como en 1954 se obtuvo el primer amplificador de microondas por emisión estimulada de radiación o MASER (Orsazag , 1968).

Después se hicieron grandes esfuerzos por extender el principio y obtener un amplificador en el espectro visible, teniendo más éxito en este sentido el trabajo llevado a cabo por Schawlow y Townes en 1958, con sus estudios sobre las cavidades resonantes dentro de un medio amplificador de microondas empleando un interferómetro de Fabry - Perot, logrando de esta manera obtener la emisión de la luz Laser.

En el año de 1960 en Estados Unidos de Norte América, Theodore H. Maiman obtuvo el primer Rayo Laser emitiendo en el espectro visible mediante un mecanismo de "Bombeo Optico" con una pequeña barra de Rubí

Sintético de forma cilíndrica, este primer Laser de Rubí funcionaba en forma pulsada.

Un oscilador de ondas luminosas construido de esta forma, es lo que hoy conocemos como LASER.

El primer Laser de emisión continua fue construido por Javan, Bennet y Henrriot, en 1961 con una longitud de onda en el infrarrojo, empleando como medio amplificador, no el Rubí como antes lo había hecho Maiman, sino un tubo de vidrio que contenía una mezcla de Helio y Neón.

A continuación se inició una serie de descubrimientos de efectos laser en diferentes materiales, entre los que se encuentra el Argón, para el cual en 1964, tres grupos de investigación distintos reportaron haber encontrado efecto laser (Orsazag, 1968) Convert Armand y Marinot Lagarde obtuvieron la emisión característica del Argón, usando una mezcla de vapor de mercurio mediante pulsos de corriente pero no supieron de que material provenía la emisión W.B. Bridges mediante pulsos de corriente en Argón, obtuvo y reportó varias líneas de emisión Laser: Bennet pocos días después publicó datos acerca del Laser pulsado de Argón, alcanzando grandes potencias de emisión.

A raíz del descubrimiento de emisión Laser pulsado en el Argón y posteriormente continua, se hicieron una serie de intensos estudios para determinar sus características de emisión ganancias transmisiones.

La mayoría de los estudios se encaminaron a desarrollar el laser de emisión continua, y no fue, sino hasta estudios recientes como el de T.H.E. Cottrel y D.C. Sinclair en Rochester, en los que se ha logrado la obtención de un mayor conocimiento en el Argón.

La palabra LASER se formó con las iniciales de las palabras en inglés:

L ight

A mplification by

S timulated

E mission of

R adiation

Lo que significa amplificación de la luz por emisión estimulada de la radiación.

Es conveniente recordar que la luz es una onda electromagnética, exactamente igual a una onda de radio ordinaria, con la única diferencia de que su frecuencia es bastante más alta, del orden de 500 millones de megaciclos por seg. Una onda electromagnética consta de un campo eléctrico y uno magnético con amplitudes que oscilan en el espacio, es decir, pasan alternativamente por valores máximos y mínimos. En el espacio ocupado por una onda, hay unas superficies paralelas imaginarias, en las que los campos eléctrico y magnético tienen su valor máximo como consecuencia, paralelas a las superficies anteriores y alternadas con ellas, hay otras superficies también imaginarias, en las que estos campos eléctrico y magnético tienen su valor mínimo. Se llama longitud de onda, a la distancia entre 2 superficies contiguas de máximo valor de campo eléctrico, que para las ondas luminosas es aproximadamente igual a medio milésimo de milímetro (Malacara, 1969).

Las principales propiedades de una fuente Laser son: Coherencia, Monocromía, Intensidad y Direccionalidad (Marshall, 1968) por lo que las posibles aplicaciones dependen de la propiedad particular.

La luz Laser se usa con buenos resultados en la industria metalúrgica, en los sismógrafos, comunicación por radar, para transmitir ondas de radio, Espectroscopia Raman (análisis químicos) en física específicamente en óptica para sacar hologramas que son fotografías en tercera dimensión sin lentes, con ayuda de la Luz Laser ...etc.

Gracias a la coherencia y monocromía de la emisión laser es posi-

ble, colimar el haz de una manera muy sencilla y usarlo así para medir distancias con gran precisión, Esta técnica es usada en topografía y control de calidad.

Intensidad, enfocando el haz luminoso de un laser, es posible obtener densidades de energía tan altas que permiten perforar, soldar y fundir metales extremadamente duros con gran precisión.

Con laseres pulsados, por otra parte, se han logrado potencias increíbles: el mayor de ellos, construido actualmente en Francia por la Compagnie Industrielle des Lasers, tiene una potencia de 50 Mil Millones de Watts, o sea, 90 veces la potencia de la central hidroeléctrica de "Infiernillo" (Magar, 1969).

A principios de los años 1960, se propuso que el Laser podía servir para destruir en vuelo los proyectiles balísticos intercontinentales, pero el profesor Thirring hizo remarcar que una potencia de 800 KW serian necesarios durante un minuto para destruir la cabeza nuclear de un proyectil a la altura de 50 Km. Una pequeña fracción del haz solamente tocará el blanco y en ciertos casos dañaría ligeramente la cabeza nuclear para que sea destruida, pero el menor orificio practicado a su escudo térmico sería suficiente para provocar su destrucción por el enorme calor que el frotamiento del aire desarrolla a su entrada a la atmósfera (Brown, 1970).

El efecto laser se ha obtenido en una gran gama de frecuencias que van desde el infrarrojo al ultravioleta (Skobel'tsyn , 1968).

Los laseres de gas son versátiles en el campo de la investigación, óptica, biología, medicina y odontología...etc.

Laser-Funcionamiento.

La luz incide sobre un sistema atómico de algún tipo. Si un fotón incidente es lo suficientemente energético, puede ser absorbido por un átomo, elevando el último a un estado excitado. Einstein señaló en 1917, que un átomo excitado puede volver a un estado más bajo (que no requiere ser necesariamente el estado base) por medio de la emisión de un fotón a través de dos mecanismos distintos. En un caso el átomo emite energía espontáneamente, mientras que en el otro la emisión es disparada por la presencia de radiación electromagnética de la frecuencia apropiada. El último proceso se conoce como "emisión estimulada" y es la clave de la operación de un laser. En cualquier situación el fotón emergente arrastrará la diferencia de energías ($h\nu_i$) entre el estado inicial más alto $|i\rangle$ y el estado final más bajo $|f\rangle$, es decir

$$E_i - E_f = h\nu_i \quad \text{ec. 1}$$

donde E_i y E_f son las energías de dos estados.

Si una onda electromagnética incidente dispara un estado excitado hacia la emisión estimulada, debe tener la frecuencia ν_i . Una característica notable de este proceso es que "el fotón emitido está en fase tiene la polarización y se propaga en la misma dirección que la onda estimuladora". Entonces se dice que el fotón está en el mismo modo de radiación que la onda incidente y tiene que sumarse a ella aumentando su densidad de flujo. Sin embargo, ya que la mayoría de los átomos están ordinariamente en el estado base, la absorción generalmente es bastante más probable que la emisión estimulada. Pero esto plantea una pregunta intrigante: ¿qué pasaría si un porcentaje substancial de los átomos se pudiera excitar de alguna manera a un estado superior dejando los estados inferiores vacíos? Por razones

obvias esto se conoce como "inversión de población". Un fotón incidente de la frecuencia apropiada podría entonces disparar una avalancha de fotones estimulados (todos en fase). La onda inicial continuaría creciendo siempre que no hubiera procesos competitivos dominantes (tales como esparcimiento) y siempre que se pudiera mantener la inversión de la población. En efecto, se bombearía energía (eléctrica, química, óptica, etc.) para sostener la inversión y se extraería un haz de luz después de recorrer el medio activo (Hecht y Zajac, 1977).

a) Cavidades Resonantes Ópticas

La cavidad resonante que en este caso es por supuesto un etalón Fabry - Perot, juega un papel muy importante en la operación del laser. En las primeras etapas del proceso laser, se emiten fotones espontáneos en todas direcciones al igual que los fotones estimulados concomitantes. Pero todos ellos con la excepción singular de los que se propagan casi a lo largo del eje de la cavidad, salen rápidamente por los lados del rubí. En contraste el haz axial continúa creciendo conforme se refleja en una y otra dirección a través del medio activo. Esto explica el sorprendente grado de colimación del haz laser que sale, el cual es efectivamente una onda plana coherente. Aunque el medio actúa para amplificar la onda la "retroalimentación óptica" dada por la cavidad convierte al sistema en un oscilador y por consiguiente en un generador de luz.

Además la perturbación que se propaga dentro de la cavidad toma una configuración de onda estacionaria determinada por la separación (d) de los espejos. La cavidad resuena (es decir, que existen ondas estacionarias dentro de ella) cuando hay un número entero (m) de medias longitudes de onda cubriendo la región entre los espejos.

Entonces

$$m = \frac{d}{\lambda / 2}$$

$$V_m = \frac{mv}{2d}$$

ec. 2

Hay por consiguiente un número infinito de posibles "modos oscilatorios longitudinales de la cavidad", cada uno con una frecuencia distintiva V_m . Los modos consecutivos están separados por una diferencia constante,

$$\Delta v = \frac{v}{2d}$$

ec. 3

que es un rango libre espectral del etalón y, coincidentemente, es el inverso del tiempo de un viaje completo de ida y vuelta. Para un laser de gas de un metro de largo $\Delta v = 150$ MHz. Los modos resonantes de la cavidad son considerablemente más angostos en frecuencia que el ancho de la banda de transición atómica espontánea normal. Estos modos, ya sea que el dispositivo se construya de tal manera que haya uno o más, serán los que sostengan en la cavidad y por consiguiente el haz emergente está restringido a una región cercana a estas frecuencias.

En otras palabras, la transición radioactiva hace disponible un rango relativamente ancho de frecuencias entre las cuales la cavidad seleccionará y ampliará sólo ciertas bandas y si se desea, solamente una de tales bandas. Este es el origen del carácter extremadamente cuasimonocromático del laser (Hecht y Zajac, 1977).

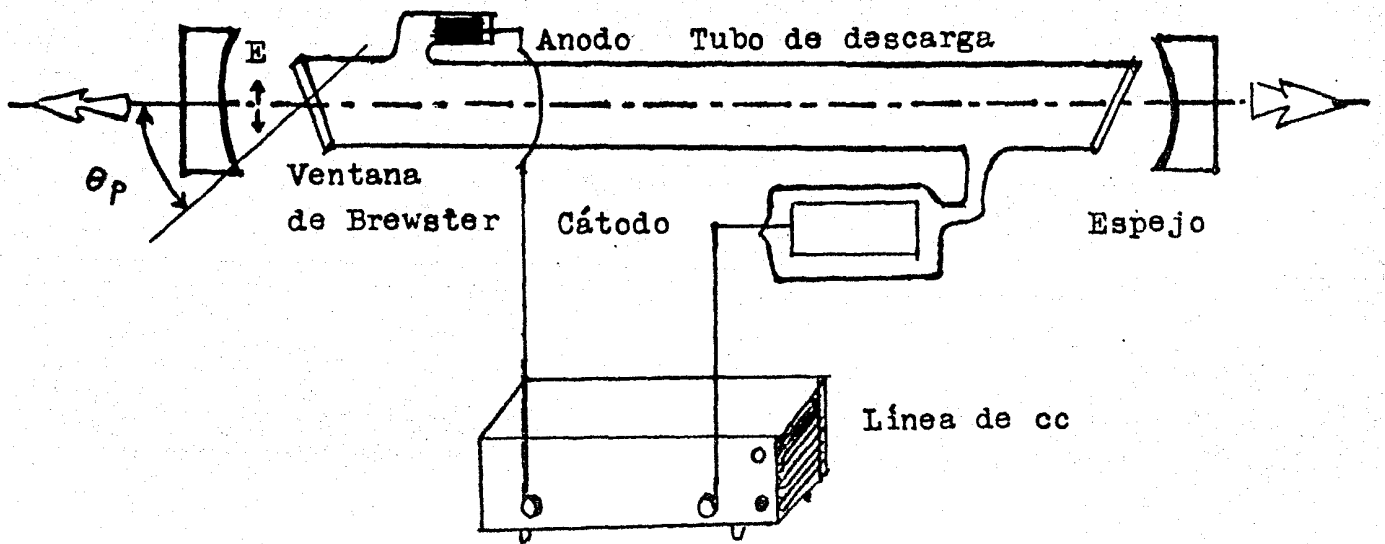


Diagrama de Láser.

Tribolium castaneum Herbst. 1797.

Ocupa la siguiente posición taxonómica:

Phylum	_____	Artrópoda
Clase	_____	Insecta
Orden	_____	Coleoptera
Suborden	_____	Polyphaga
Familia	_____	Tenebrionidae
Género	_____	<u>Tribolium</u>
Especie	_____	<u>castaneum</u>

Su nombre común es " gorgojo castaño" debido a su color café-rojizo a diferencia de Tribolium confusum Duval, que es una plaga secundaria porque solamente se alimenta de harina de cereales.

Tribolium castaneum Herbst, es una plaga primaria, de los granos de trigo, ya que se ha demostrado que puede iniciar el ataque del grano Ramírez Genel (1979). T.castaneum además se alimenta de grano de trigo, harina de trigo, harina de maíz y harinas de otros cereales.

Suele también comer leche en polvo, chocolate, cacahuete, chícharos, frijol, materiales almidonosos, frutas secas, nueces, levaduras, pimienta roja (Metcalf y Flint , 1975).

T.castaneum constituye una plaga perjudicial ya que causa grandes pérdidas económicas, en las bodegas y almacenes de harinas, en la industria pastelera, tiendas de abarrotes, así como en molinos de harinas, que no tienen las debidas condiciones de higiene y principalmente en bodegas que tienen una humedad relativa del rango de 65%- 70% y una temperatura ambiental que se encuentra entre los 25°C. y 30°C.

T. castaneum fue descrito por Herbst en el año de 1797 y fue diferenciado de T.confusum por las siguientes características:

T.castaneum - presenta en la parte terminal de sus antenas una masa claramente trisegmentada (figura 13).

Los ojos están parcialmente divididos por un borde lateral de la cabeza que corre hacia atrás de la misma y que en su punto más angosto tiene tres o cuatro facetas.

En T.confusum las antenas se adelgazan paulatinamente al avanzar hasta su apex o terminación.

Los ojos están más marcadamente divididos que los de T.castaneum y en su punto más angosto, no tienen más de dos facetas(Prevett, 1975).

CICLO DE VIDA

Los adultos de T.castaneum Herbst, son pequeños escarabajos que miden tres o cuatro milímetros de longitud y que viven de 18 a 24 meses, período durante el cual la hembra puede ovipositar desde 450 hasta 1 000 huevecillos de color blanco motivo por el cual se confunden fácilmente con la harina, la hembra los puede ovipositar al azar y de uno por uno (Metcalf, 1975).

El periodo de incubación varía de 5 a 12 días, dependiendo de la temperatura es más favorable para su desarrollo la de 29°C. ± 2°C. con una humedad relativa de 65% - 70%.

La larva es filiforme, los segmentos que forman su cuerpo presentan pelos muy finos y el último de los segmentos tiene un par de espinas como pequeños apéndices. La larva ya madura tiene aproximadamente unos 4.5 milímetros de longitud, es de color amarillo pálido El periodo larval varía de 20 a 90 días, de acuerdo con la temperatura, la humedad relativa y la calidad del alimento así como la cantidad. La pupación se produce después del décimo estadio larval, la pupa es desnuda (puesto que no presenta capullo), al principio es de color blanco y poco a poco se convierte en amarillenta, teniendo en

la superficie dorsal haces de pelos como en el caso de las larvas (Newell Good , 1936).

El estado de pupa tarda de 6 a 9 días, sin embargo puede prolongarse este tiempo durante la estación del invierno.

Todos los estados del insecto pueden encontrarse en cualquier época del año puesto que son polivoltinos.

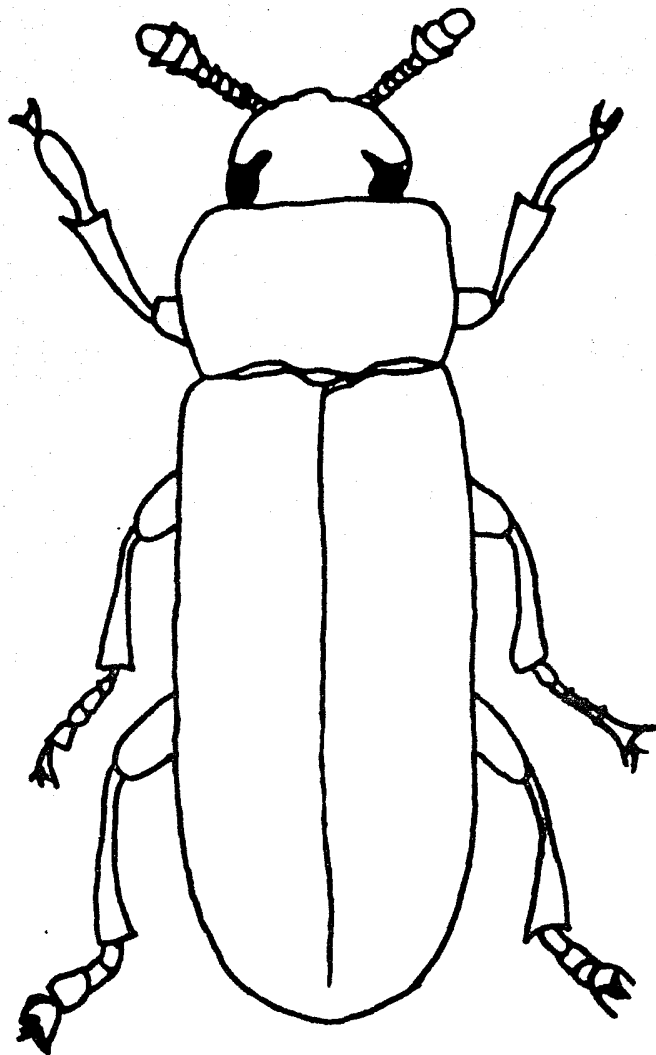


FIGURA 13

Tribolium castaneum Herbst.

TAMAÑO ORIGINAL 4 mm DE LONGITUD

MATERIALES Y METODOS

El medio nutritivo, para el cultivo de T.castaneum H.se elaboró con 95% de harina de trigo y 5% de levadura de cerveza en polvo, que se mezclaron perfectamente.

La harina de trigo se obtuvo en el molino, para evitar la presencia de algún agente tóxico a T.castaneum y se hizo pasar a través de una malla de cobre, con una abertura de 0.50 mm. con el fin de eliminar partículas grandes que contaminaran la harina. A continuación se sometió a un proceso de enfriamiento a una temperatura de -10°C. por un periodo de 15 días, con el fin de destruir los huevecillos de otros organismos.

La siembra del insecto se llevó a cabo en frascos con capacidad de 1000 ml. en los cuales se colocaron 250 grs. del medio de cultivo para una población de 300 adultos de Tribolium castaneum Herbst. y se llevaron a incubación a una temperatura de 29 - 2°C. y una humedad relativa de 65% - 70% ya que son las condiciones óptimas para su reproducción.

La irradiación se llevó a cabo empleando un Láser Continuo de Argón modelo 165 de Spectra - Physics, que fue ajustado a una longitud de onda de 4880 Å. con una potencia de salida de 100 miliwatts.

Se utilizó también un medidor de potencia modelo 401B de Spectra - Physics, para calibrar la potencia de 100 miliwatts.

En la irradiación de los coleópteros se ideó un dispositivo especial, con objeto de dispersar el haz (puesto que normalmente es reducido) haciéndolo pasar este a través de una lente de microscopio de 10 aumentos, lográndose de esta manera ampliar el campo a un círculo de 2 centímetros de diámetro.

La cuantificación del número de sobrevivientes se efectuó al microscopio estereoscópico, a los 10 - 20 - 30 y 40 días y los resultados obtenidos, en las dos fases del experimento aparecen en las tablas

y gráficas.

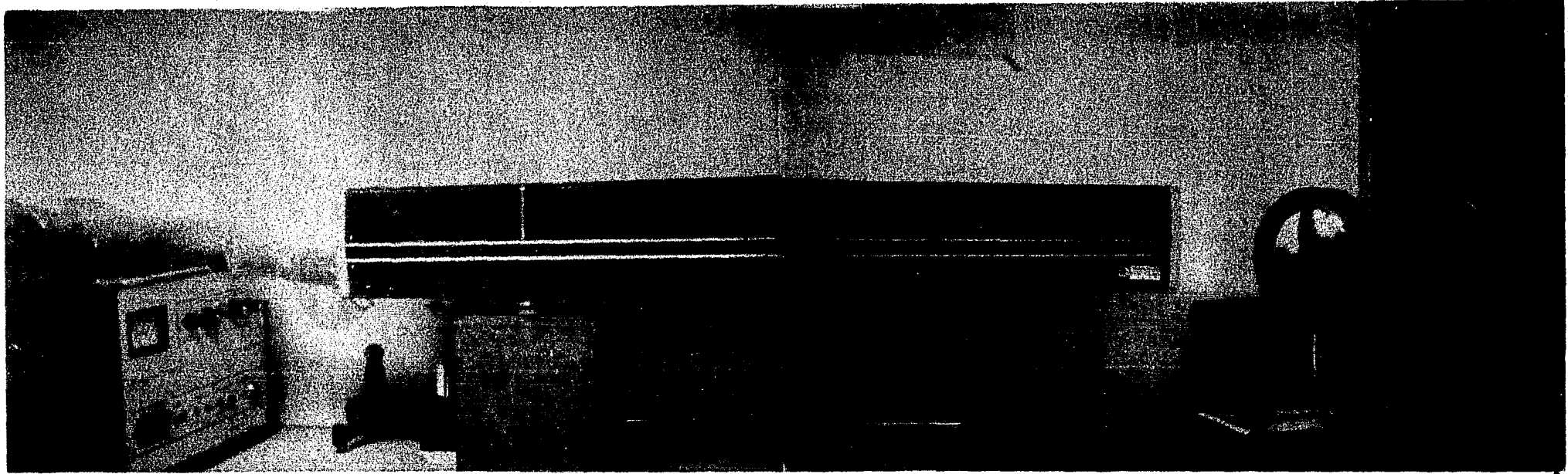
La separación del material biológico se hizo con tamices de malla de cobre con una abertura de 0.50 mm. y con la ayuda de pinceles finos se separaron en lotes de 30 individuos de cada estado del desarrollo (adultos, pupas y larvas) los cuales se colocaron en tubos de plástico con tapa y 10 grs. de harina preparada según la mezcla anterior lo cual da un total de 2250 individuos ya que se experimentaron 5 dosis diferentes con 4 repeticiones. El diseño experimental empleado fue de "Bloques al Azar".

Las dosis empleadas fueron de 60, 90, 120, 240 y 480 joules, las cuales se obtuvieron variando el tiempo de irradiación que fue de: 10, 15, 20, 40 y 80 minutos respectivamente. El experimento comprendió 2 fases en las cuales se irradiaron individuos con harina en la primera fase e individuos sin harina en la segunda fase del experimento, con las mismas dosis y con los mismos tiempos.

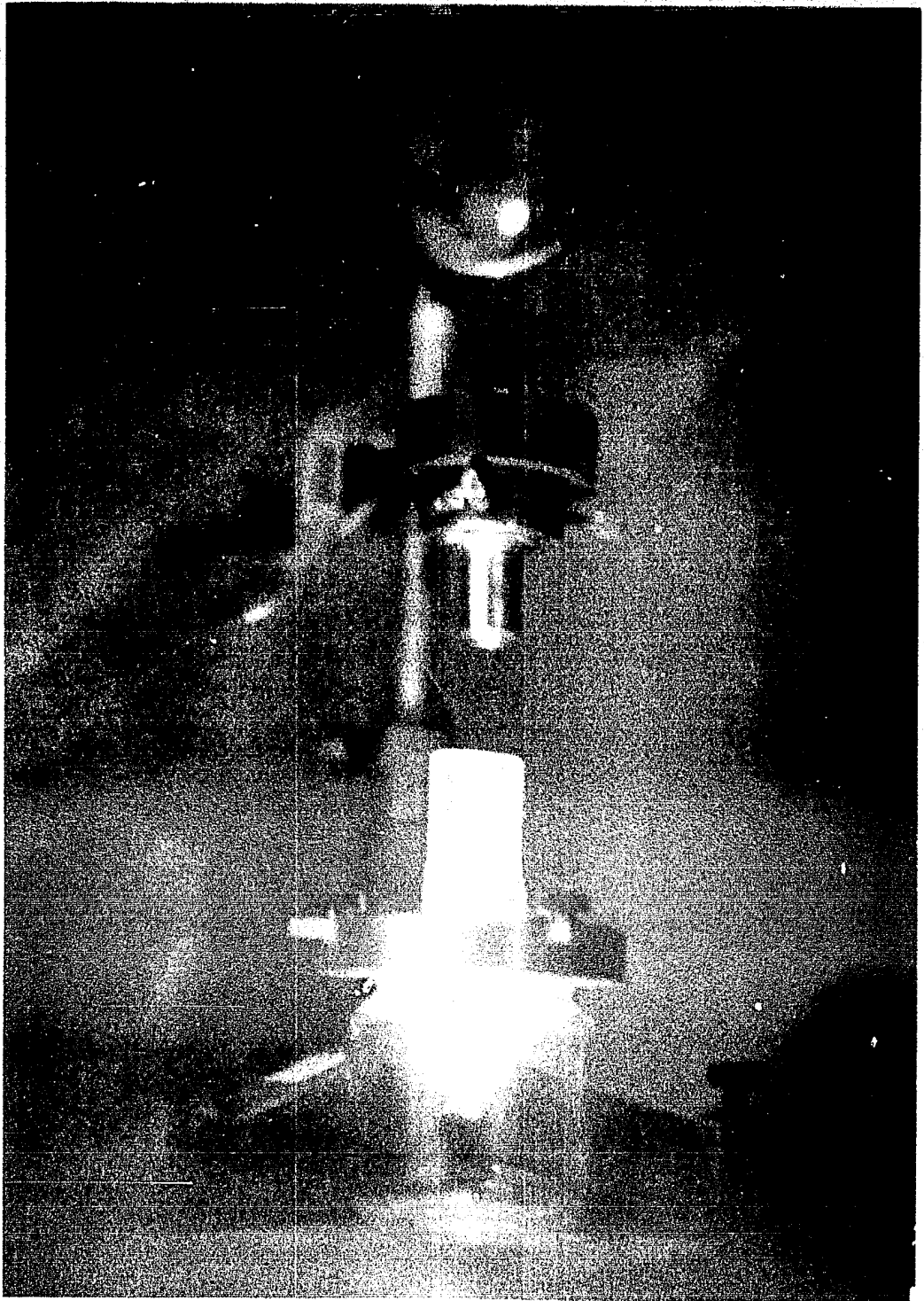
DOSIS	TIEMPO
Joules	Minutos
60	10
90	15
120	20
240	40
480	80

El estado de huevecillo de T.castaneum no fue estudiado, debido a que se presentó una falla técnica en el Aparato Laser que se utilizó en este trabajo.

El análisis estadístico efectuado fue una prueba F de varianza.



Fotografía # 1. Laser de Argón modelo 165 de Spectra Physics.



Fotografía # 2. Dispositivo para irradiar a los organismos.

RESULTADOS

Existe una relación directamente proporcional entre el aumento de las dosis y el porcentaje de mortalidad de los tres estados del desarrollo del Ciclo de Vida de T.castaneum , estudiados en el presente trabajo.

Estos resultados se pueden ver claramente en las tablas del 1 al 6 donde se observa la mortalidad de los lotes tratados y la mortalidad de los controles, las curvas obtenidas a partir de éstos datos presentan un trazo de tipo exponencial.

En todos los casos se presenta una elevada mortalidad a los 10 días transcurridos después del tratamiento, tanto en las larvas como en pupas y adultos. En las larvas irradiadas con luz laser sin harina (tabla 1, y fig.1) se encontró que en la revisión de la mortalidad fue alta, siendo de un 80% en las dosis de 60 joules, esta mortalidad aumentó paulatinamente, conforme transcurría el tiempo hasta los 40 días de revisión, habiéndose llegado hasta un 100% de mortalidad a los 40 días en las dosis de 240 y 480 joules, a diferencia del control donde se encontró una mortalidad de sólo 24.16% a los 40 días.

La dosis letal calculada a los 30 días fue DL 50/30 de 46 joules y la DL 100/30 de 170 joules como se observa en la figura 7.

En el siguiente caso donde irradiaron larvas en harina con luz laser, los resultados obtenidos se muestran en la tabla 2 y fig. 2 se observó lo siguiente en la revisión de 10 días, después del tratamiento hubo una alta mortalidad tanto en la dosis más baja, que es de 60 joules en donde hubo 81.66% hasta un 90% para la dosis de 480 joules. A diferencia de la mortalidad del control que fue de sólo 10%. Los valores encontrados en las siguientes revisiones fueron semejantes a los tratamientos sin harina y de nuevo se obtuvo el 100% de

mortalidad a los 40 días en las dosis mayores 240 y 480 joules, siendo los valores del resto de las dosis ligeramente superiores a las del tratamiento anterior y la del control ligeramente menor de sólo un 22.5%.

En la revisión de 20 días ya se encontraron algunos adultos en los tratamientos pero hubo una mayor abundancia de ellos en el control.

En la dosis de 120 joules se encontró en la revisión de 30 días, un adulto negro y ligeramente más grande que los otros debido a un exceso de melanina.

Las dosis letales calculadas a los 30 días fueron DL 50/30 de 45 joules y la DL 100/30 de 160 joules, fig. 8.

Los resultados después de irradiar con luz laser las pupas sin harina fueron también elevados en las cinco dosis experimentales éstos resultados estan en la tabla 3, fig. 3.

Para la revisión de 10 días se encontró una alta mortalidad siendo de 89.16% en 60 joules y en 480 joules de 95% , mientras que en el control la mortalidad fue muy baja, unicamente de un 2.5% . Esta fue aumentado a los 30 días se vió en las tres dosis(120,240 y 480joules) se logró obtener un 100% de mortalidad, la cual en el control fue de sólo 8.33% misma que se mantuvo hasta los 40 días.

Las dosis letales calculadas (fig. 9) arrojaron los datos siguientes DL 50/30 fue de 42 joules y la DL 100/30 fue de 180 joules.

Cuando se irradiaron las pupas en harina los resultados también fueron semejantes en las cinco dosis experimentales (tabla 4, fig.4)

En la revisión de 10 días la mortalidad iba de un 89.16% (en 60 joules) hasta un 95.83% en 480 joules, siendo la mortalidad del control nula.

A los 20 días la mortalidad aumentó llegando hasta su máximo en la revisión de 30 días donde la mortalidad subió hasta un 100% en las

dosis de 120, 240 y 480 joules, quedando para este tiempo sólo un 5% de individuos vivos en la dosis de 60 joules. En el control la mortalidad a los 40 días fue de un 7.5%

Se encontraron adultos en la revisión de 10 días siendo mayor el número en el control.

Las dosis letales calculadas a los 30 días (fig. 10) fueron de: DL 50/30 de 40 joules, y la DL 100/30 de 170 joules.

Los adultos de T. castaneum, irradiados con luz laser sin harina (tabla 5 y fig. 5). En la revisión de 10 días se encontró que la mortalidad para 60 joules era de 64.16% y para 480 joules de una 90.83% no habiéndose registrado ningún muerto en los controles.

La mortalidad siguió subiendo un poco, a los 30 días se encontraron huevecillos en las dosis de 60 y 90 joules; en el resto de las dosis no hubo oviposición.

A los 40 días hubo ya un 100% de mortalidad en las dosis de 240 y 480 joules, mientras que en el control la mortalidad fue de 1.66%.

Las dosis letales (fig. 11) se calcularon a los 30 días y fueron de: DL 50/30 de 60 joules y DL 100/30 de 260 joules.

Los resultados de los adultos irradiados en harina, se muestran en la (tabla 6 y fig. 6), viéndose en la revisión de 10 días fué un poco más que en los irradiados sin harina, siendo las dosis de 60 joules de un 66.66% aumentando en las dosis subsecuentes hasta un 92.5% en la dosis mayor (480 joules) a diferencia del control a los 10 días la mortalidad fué nula.

A los 20 y 30 días de revisión la mortalidad en los experimentales aumentó un poco, llegándose a los 40 días hasta un 100% en las dosis de 240 y 480 joules al igual que en el caso anterior, -- mientras que en el control aquí la mortalidad era un poco menor -- (0.8%) a los 40 días.

Las dosis letales calculadas a los 30 días (fig. 12) fueron las siguientes, DL 50/30 de 58 joules, y la DL 100/30 de 250 joules.

DISCUSION

Al observar los resultados anteriores se encuentra que la radiación con luz laser sí fue efectiva en los tres estados del desarrollo estudiados, manifestándose una alta mortalidad en las cinco dosis estudiadas a partir de la revisión de 10 días y aumentado ésta en las subsecuentes revisiones, a diferencia de la mortalidad de los controles que fue muy baja.

Además se observaron otros efectos; las larvas se deshidrataron y sufrieron un cierto grado de anorexia e inmovilidad, al mismo tiempo que un cambio en la melanización y también una mayor esclerotización que les dió un aspecto de rigidez.

Los adultos que resultaron de las larvas irradiadas presentaron un desarrollo muy lento de casi el doble del tiempo del control. Por lo que se observó un bloqueo del desarrollo, por lo tanto aumentando el tiempo del Ciclo de Vida.

Las pupas sufrieron casi los mismos efectos de las larvas, notándose también una excesiva deshidratación y un alargamiento del Ciclo de Vida al igual que un cambio en su coloración.

Los adultos presentaron un comportamiento particular al terminar de irradiarse en la dosis más alta (480 joules) éstos tendían a agruparse y estaban aletargados, faltos de movilidad, síntomas que desaparecían al poco tiempo.

Los adultos fueron los más resistentes, sin embargo mostraron anorexia y en las dosis menores, 60 y 90 joules respectivamente sí existió oviposición a los 20 días pero los huevecillos no fueron viables.

Pero a pesar de la radioresistencia de los adultos, la mortalidad también fue grande sobretodo en las dosis mayores (240 y 480 joules)

Resumiendo, los efectos de la radiación laser son:

- 1' Deshidratación.
- 2' Esclerotización.
- 3' Melanización.
- 4' Anorexia.
- 5' Inmovilidad y Aletargamiento.
- 6' Alargamiento del Ciclo de Vida, por lo consiguiente bloqueo del desarrollo.
- 7' Bloqueo en la reproducción, ya que los huevecillos no son viables.
- 8' Se encontró una mortalidad ligeramente mayor cuando se irradió con harina.

Posiblemente, esto se deba a que el color blanco de la harina no absorbe la luz laser y la refleja a los organismos que se están irradiando.

Larvas y pupas son más sensibles a esta radiación y esto posiblemente se deba a la cutícula de las larvas y pupas es muy delgada y con ello el paso de la energía de la luz laser sea mayor y provocando una excesiva pérdida de líquidos por evapotranspiración.

En los adultos se encuentra la misma radioresistencia que en cualquier tipo de radiación necesitándose energías más altas para obtener efectos. La cubierta en este caso es de color oscuro es muy rígida lo cual les sirve como una barrera protectora impidiendo el paso de radiación laser hacia el organismo, pero actúa en otros procesos vitales del organismo por ejemplo, impide la oviposición o provoca cambios que hagan los huevecillos inviables.

El análisis estadístico efectuado demostró que la mortalidad fue debida al laser al encontrarse siempre diferencias significativas entre los tratamientos y no significativas entre las repeticiones, variando el grado de significatividad según los días en que se efectuaron las revisiones, el estado de desarrollo y si se tomaba en cuenta o no al testigo, sin el cual la diferencia era significativa si se le consideraba.

Por lo que se concluye que la dosis de 240 joules a una potencia de 100 miliwatts sería la más adecuada ya que provoca un 100% de mortalidad a los 40 días en larvas y adultos, mientras en pupas ya se ha logrado ésta desde los 30 días.

Los resultados confirman la potencialidad del empleo de esta radiación en el combate de insectos de productos almacenados.

Este método de control Físico además presenta enormes ventajas ya que su costo, comparado por ejemplo con el de los Rayos Gamma o un acelerador de partículas es pequeño.

Cuando se compararon los resultados de la radiación laser en Tribolium confusum y Tribolium castaneum ambos irradiados con la potencia de 100 miliwatts, encontramos que los efectos de la radiación laser son muy parecidos en general.

También se ha trabajado en Sitophilus zeamais con 100 miliwatts y los resultados obtenidos son los siguientes:

Tribolium confusum Duval.

DL 50/30 de 33 joules

Larvas sin Harina.

DL 100/30 de 88 joules

DL 50/30 de 40 joules

Pupas sin Harina.

DL 100/30 de 120 joules

DL 50/30 de 49 joules

Adultos sin Harina.

DL 100/30 de 250 joules

Tribolium castaneum Herbst.

Larvas sin Harina.

Larvas en Harina.

DL 50/30 de 46 joules

DL 50/30 de 45 joules

DL 100/30 de 170 joules

DL 100/30 de 160 joules

Pupas sin Harina

Pupas en Harina

DL 50/30 de 42 joules

DL 50/30 de 40 joules

DL 100/30 de 150 joules

DL 100/30 de 140 joules

Tribolium castaneum Herbst.

Adultos sin Harina

DL 50/30 de 60 joules

DL 100/30 de 260 joules

Adultos en Harina

DL 50/30 de 58 joules

DL 100/30 de 250 joules

Sitophilus zeamais Motsch.

Adultos sin Grano

DL 50/30 de 145 joules

DL 100/30 de 831 joules

Adultos con Grano

DL 50/30 de 162 joules

DL 100/30 de 1288 joules

Larvas sin Grano

DL 50/30 de 9.33 joules

DL 100/30 de 90 joules

Larvas con Grano

DL 50/30 de 9.33 joules

DL 100/30 de 90 joules

Al comparar los resultados entre T. confusum y T. castaneum en el estado larval tenemos que T. castaneum es más resistente que T. confusum ya que la DL 50/30 es de 33 joules y en T. castaneum es de 46 joules y la DL 100/30 en T. confusum es de sólo 88 joules y en T. castaneum es de 170 joules, también los valores obtenidos en harina son mayores.

Las pupas de T. confusum presentan una DL 50/30 de 40 joules parecida a la DL 50/30 de 42 joules que se obtuvo en T. castaneum, sin embargo la DL 100/30 en T. confusum es de 120 joules y para T. castaneum es un poco mayor de 150 joules y los valores obtenidos en harina también son mayores.

Los adultos de T. castaneum son más radioresistentes que los de T. confusum las dosis letales encontradas fueron DL 50/30 de 60 joules para T. castaneum y la DL 100/30 de 260 joules, para T. confusum de DL 50/30 es de 49 joules y la DL 100/30 de 250 joules estando estos datos de acuerdo con otros tipos de radiación donde también T. castaneum es un poco más resistente que T. confusum como son los Rayos Gamma los electrones y Rayos X (Erdman, 1962).

Comparando con Sitophilus zeamais que es una plaga primaria del maíz, resulta que este insecto es mucho más resistente a la radiación Laser que T.castaneum en estado adulto, pero en estado larval esto no sucede.

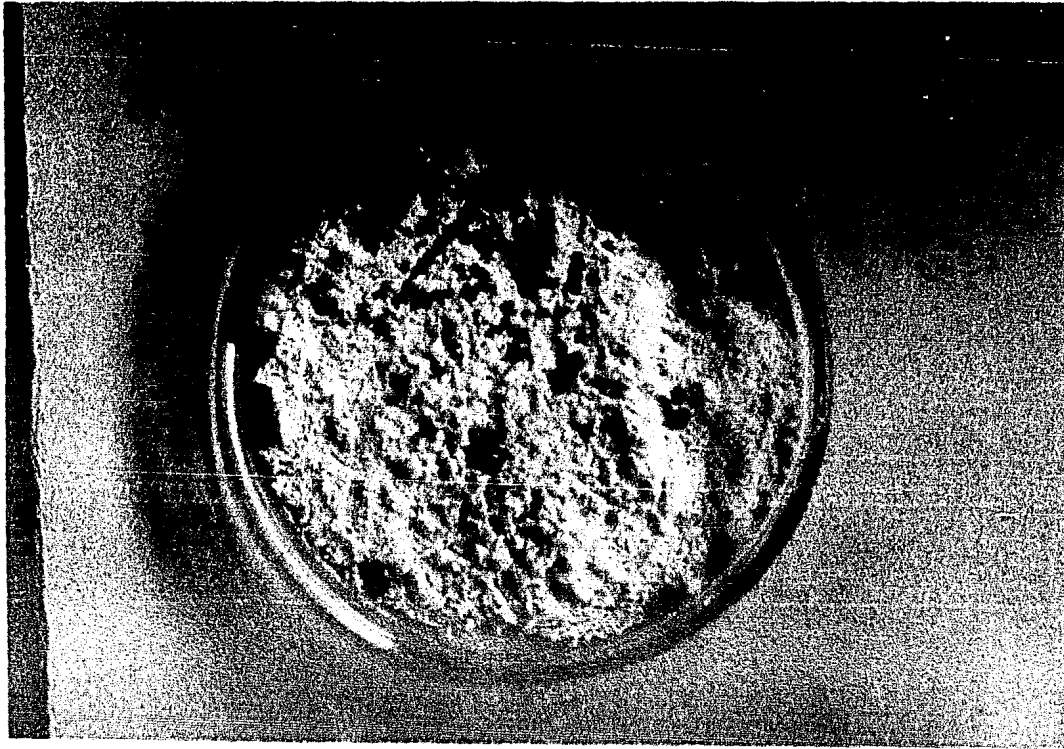
A continuación se encuentran algunas fotografías donde se muestra en primer lugar el daño provocado a la harina por la infestación de Tribolium castaneum H. con diferentes estados del desarrollo fotografía # 3.

También hay fotografías de los tres estados del desarrollo con individuos muertos de muerte natural y muertos por la acción del Laser, donde se ve como les afecta.

Larva muerta de muerte natural en la fotografía # 4 y a continuación Larva muerta a consecuencia del Laser donde se puede ver fácilmente como se deshidrató en la fotografía # 5.

Pupa muerta de muerte natural, fotografía # 6 y después Pupa muerta por la radiación Laser fotografía # 7, además se puede ver la diferencia entre las dos.

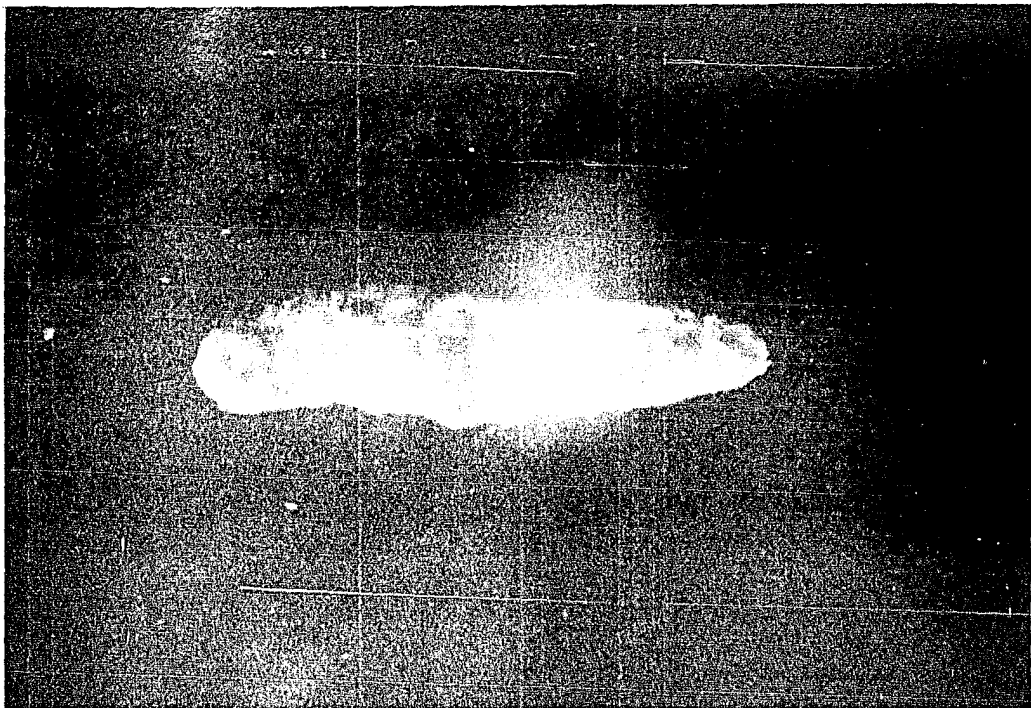
Adulto muerto de muerte natural fotografía # 8 y también en la siguiente fotografía encontramos un Adulto muerto por el Laser con los hélios abiertos fotografía # 9.



Fotografía # 3. Tribolium castaneum H. en sus diferentes estados del desarrollo en la harina.



Fotografía # 4. Larva muerta de muerte natural.



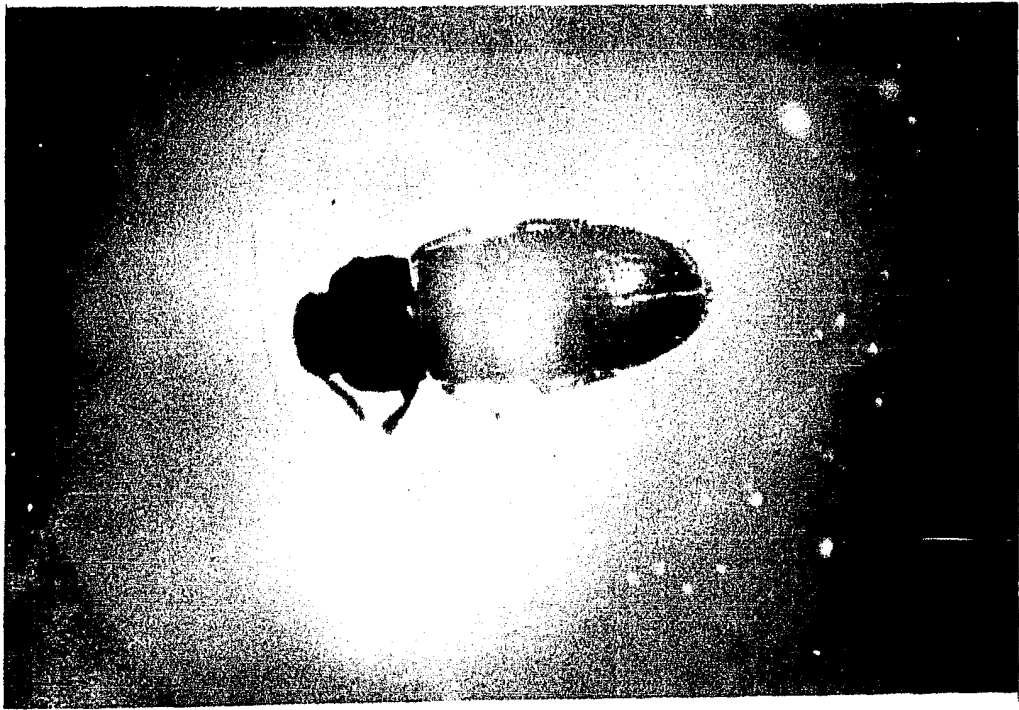
Fotografía # 5. Larva muerta a consecuencia del Laser.



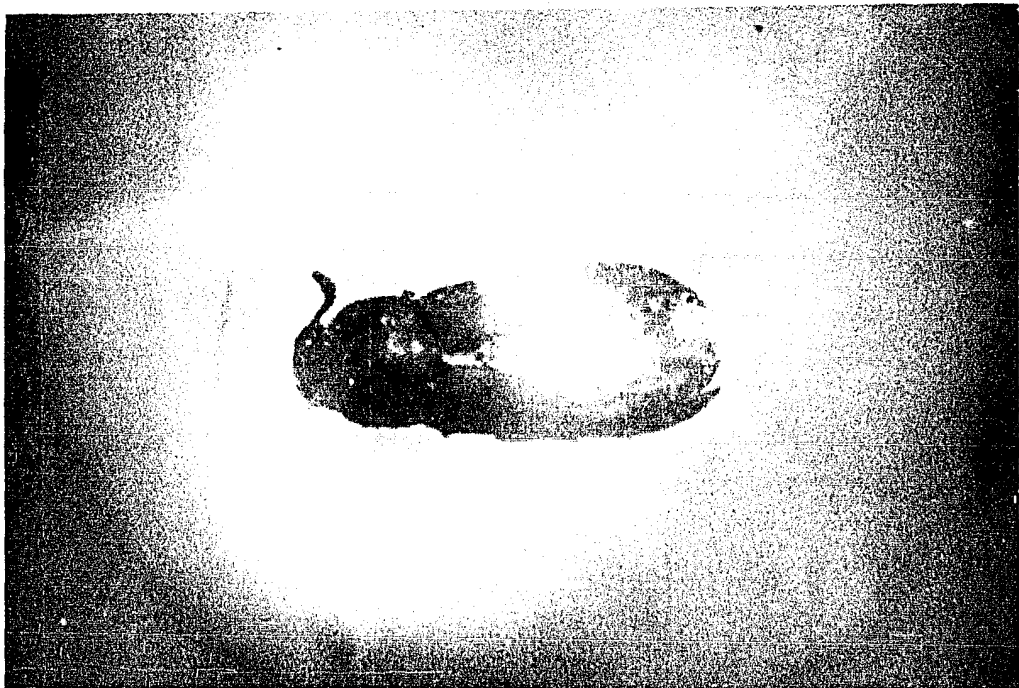
Fotografía # 6. Pupa muerta de muerte natural.



Fotografía # 7. Pupa muerta a consecuencia del Laser.



Fotografía # 8. Adulto muerto de muerte natural.



Fotografía # 9. Adulto muerto a consecuencia del Laser.

Tabla 1.- Porcentaje de mortalidad de larvas de Tribolium castaneum H. (sin harina) , irradiadas con un láser de argón en diferentes niveles de energía.

Energía Joules	Tiempo transcurrido después del tratamiento			
	Días.			
	10	20	30	40
480	88.33	94.16	99.16	100
240	88.33	93.33	96.66	100
120	87.5	89.16	95.0	98.33
90	85.0	87.50	90.83	93.33
60	80.0	82.5	86.66	88.33
Control	10.0	12.5	16.66	24.16

Tabla 2.- Porcentaje de mortalidad de larvas de Tribolium castaneum H. (con harina), irradiadas con un láser de argón en diferentes niveles de energía.

Energía Joules	Tiempo transcurrido después del tratamiento			
	Días.			
	10	20	30	40
480	90.0	95.0	99.16	100
240	89.16	94.16	97.5	100
120	88.33	95.83	96.66	99.16
90	85.83	88.33	91.66	94.16
60	81.66	83.33	87.5	90.0
Control	10.0	14.16	17.5	22.5

Tabla 3.- Porcentaje de mortalidad de pupas de Tribolium castaneum H. (sin harina), irradiadas con un láser de argón en diferentes niveles de energía.

Energía	Tiempo transcurrido después del tratamiento			
	Días.			
Joules	10	20	30	40
480	95.0	97.5	100	100
240	94.16	98.33	100	100
120	98.33	99.16	100	100
90	92.5	94.16	95.83	96.66
60	89.16	90.0	91.66	92.5
Control	2.5	5.0	8.33	8.33

Tabla 4.- Porcentaje de mortalidad de pupas de Tribolium castaneum H. (con harina), irradiadas con un láser de argón en diferentes niveles de energía.

Energía	Tiempo transcurrido después del tratamiento			
	Días.			
Joules	10	20	30	40
480	95.83	98.33	100	100
240	95.0	99.16	100	100
120	98.33	99.16	100	100
90	93.33	94.16	96.66	97.5
60	89.16	90.83	93.33	94.16
Control	- -	3.33	7.5	7.5

Tabla 5.- Porcentaje de mortalidad de adultos de Tribolium castaneum H. (sin harina), irradiadas con un láser de argón en diferentes niveles de energía.

Energía Joules	Tiempo transcurrido después del tratamiento			
	Días.			
	10	20	30	40
480	90.83	93.33	98.33	100
240	93.33	97.5	97.5	100
120	78.33	79.16	88.33	98.33
90	70.0	75.0	84.16	95.83
60	64.16	66.66	79.16	87.5
Control	- -	- -	1.66	1.66

Tabla 6.- Porcentaje de mortalidad de adultos de Tribolium castaneum H. (con harina), irradiadas con un láser de argón en diferentes niveles de energía.

Energía Joules	Tiempo transcurrido después del tratamiento			
	Días.			
	10	20	30	40
480	92.5	96.66	99.16	100
240	95.83	99.16	99.16	100
120	78.33	82.5	87.5	99.16
90	75.83	78.33	83.33	97.5
60	66.66	73.33	85.83	89.16
Control	- -	- -	- -	0.8

FIGURA 1

PORCENTAJE DE MORTALIDAD DE LARVAS DE
Tribolium castaneum IRRADIADAS SIN HARINA.

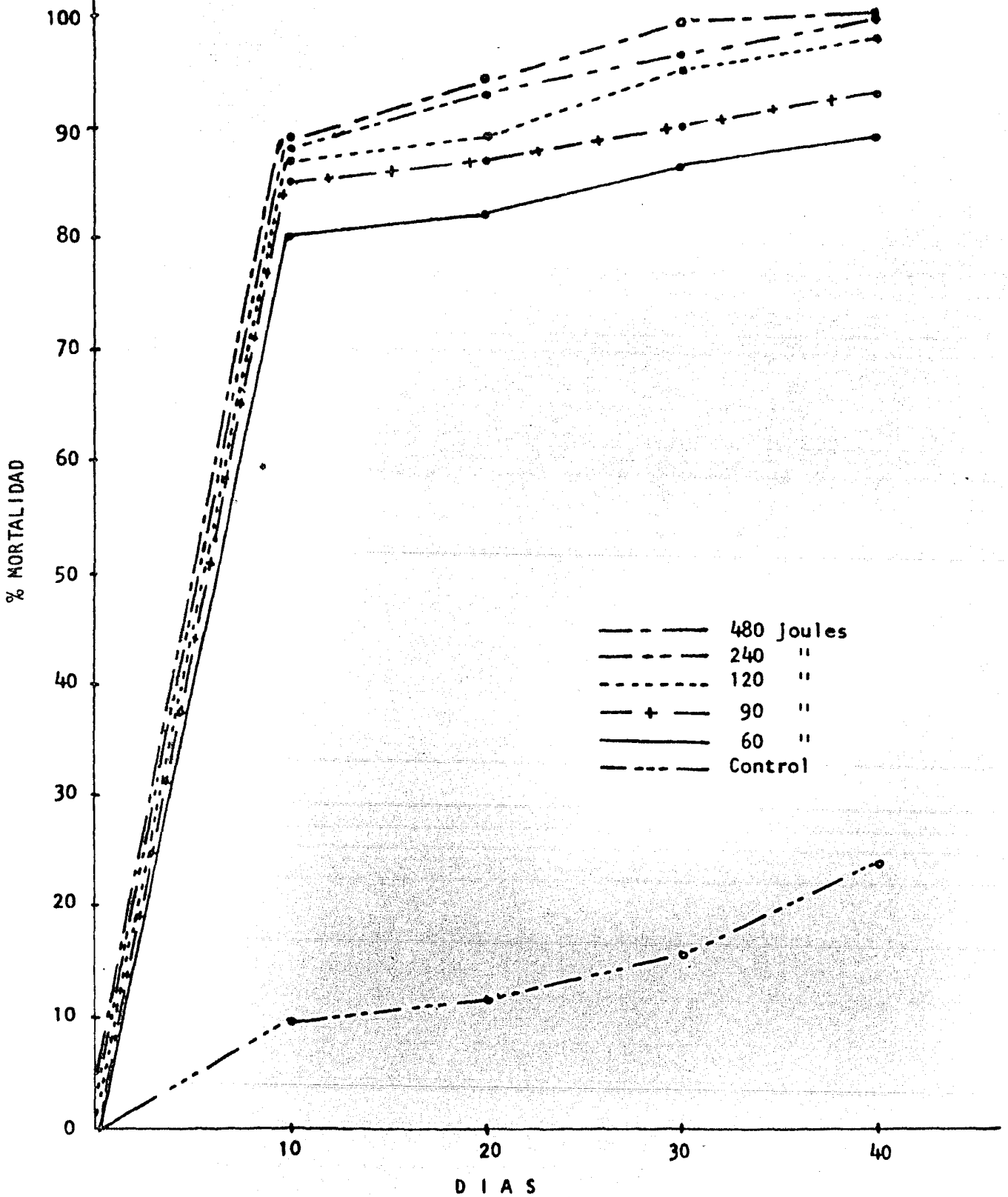


FIGURA 2

PORCENTAJE DE MORTALIDAD DE LARVAS DE
Tribolium castaneum IRRADIADAS CON HARINA.

% MORTALIDAD

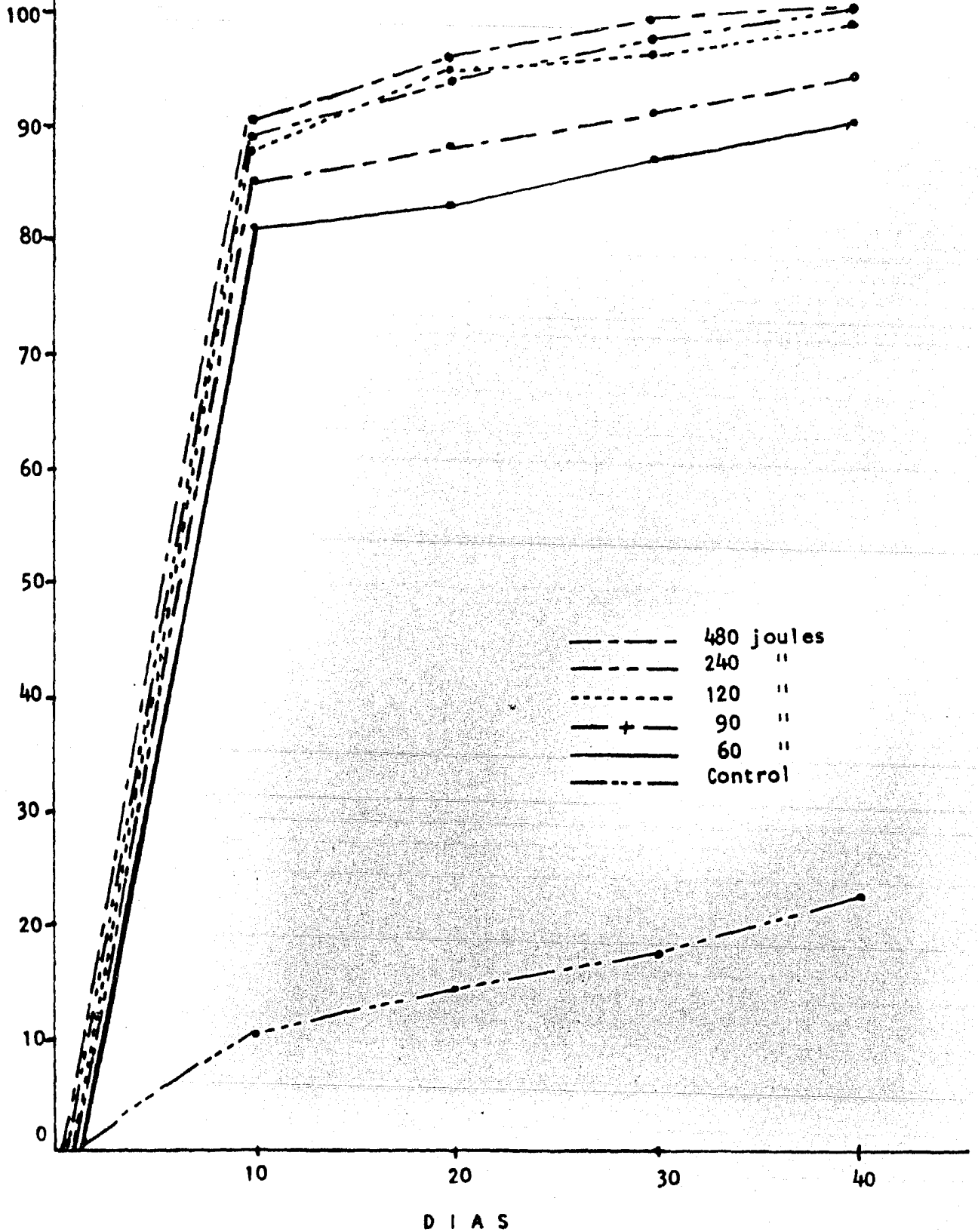


FIGURA 3

PORCENTAJE DE MORTALIDAD DE PUPAS DE
Tribolium castaneum IRRADIADAS SIN HARINA.

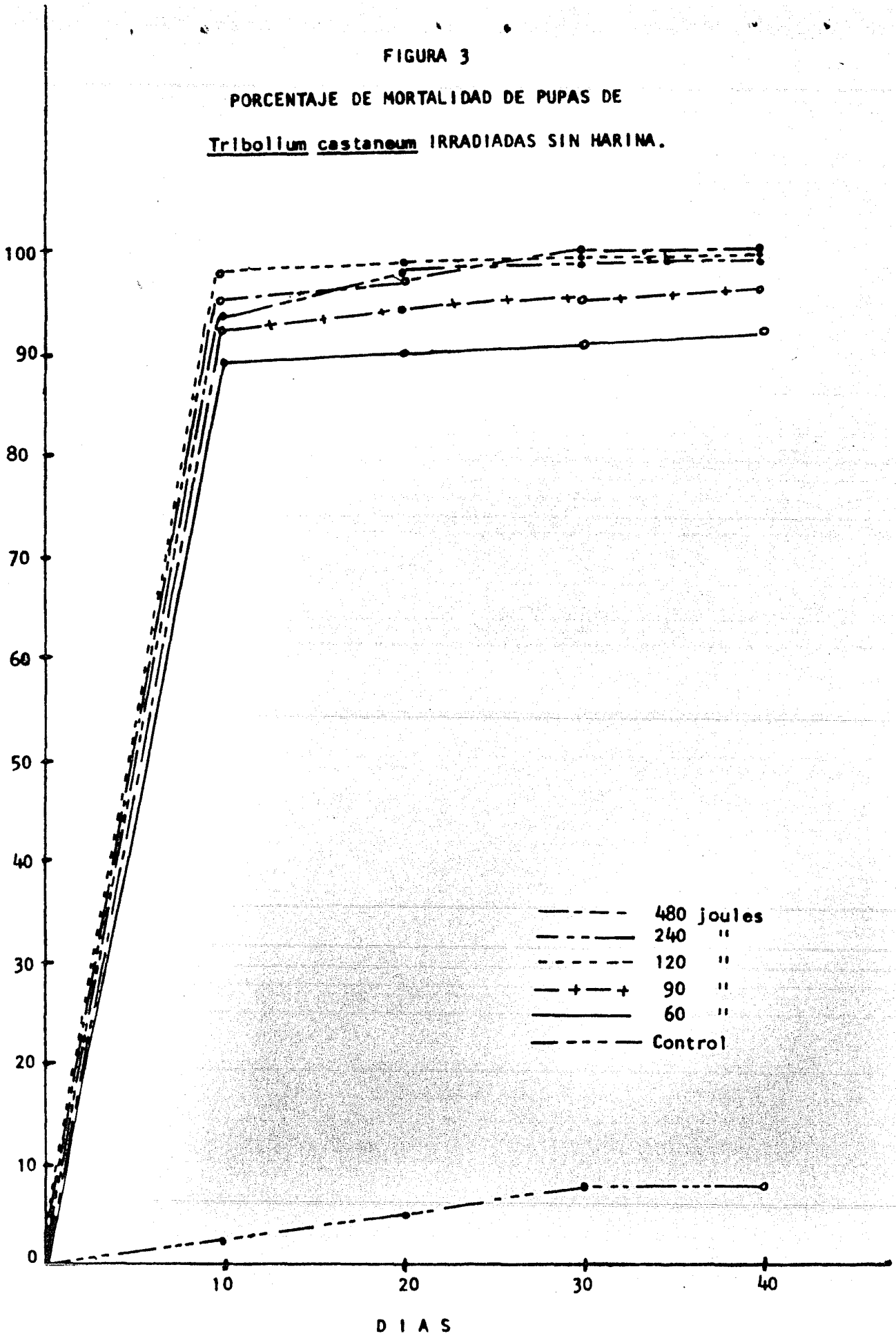


FIGURA 4

PORCENTAJE DE MORTALIDAD DE PUPAS DE
Tribolium castaneum IRRADIADAS CON HARINA.

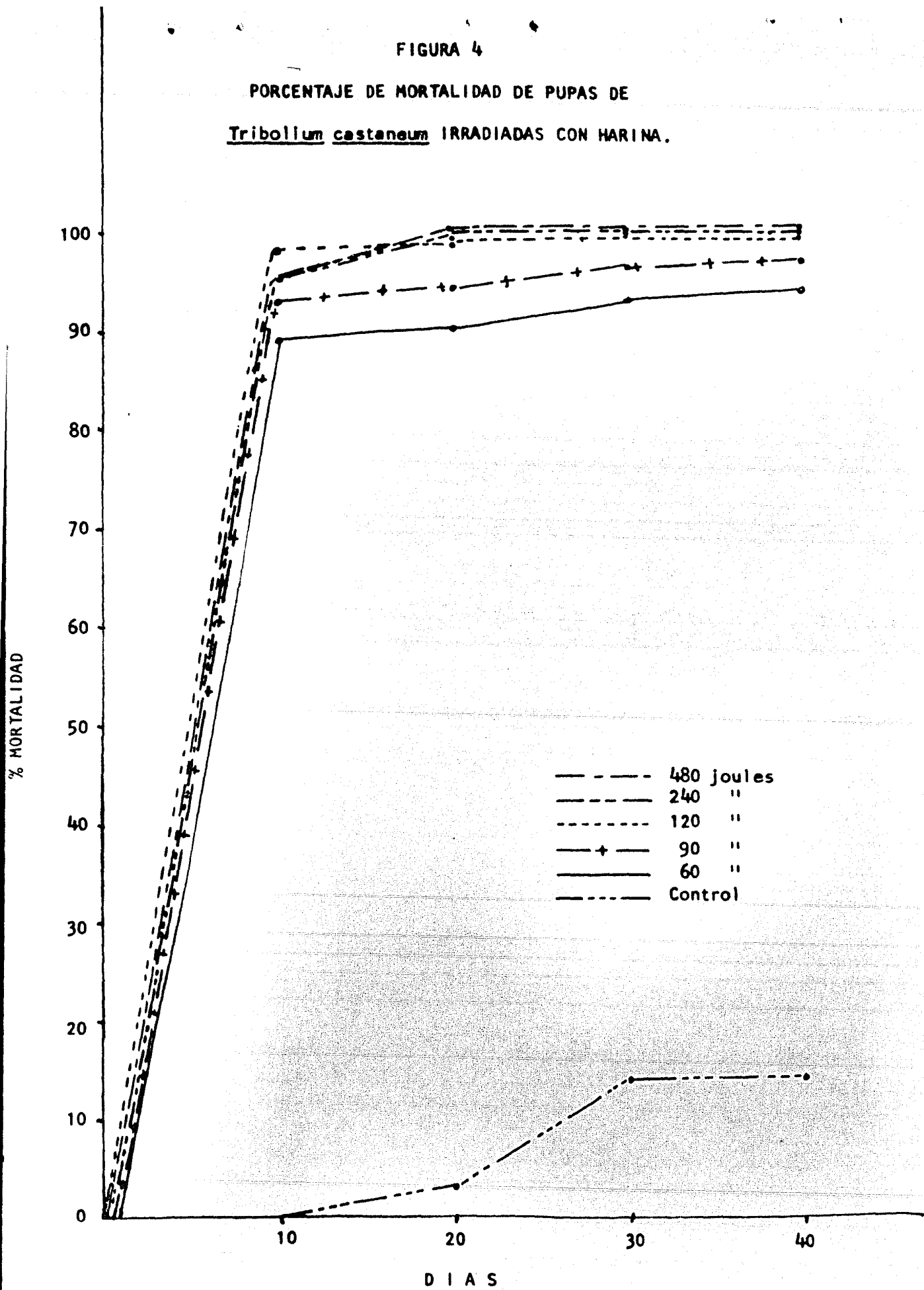


FIGURA 5

PORCENTAJE DE MORTALIDAD DE ADULTOS DE
Tribolium castaneum IRRADIADOS SIN HARINA.

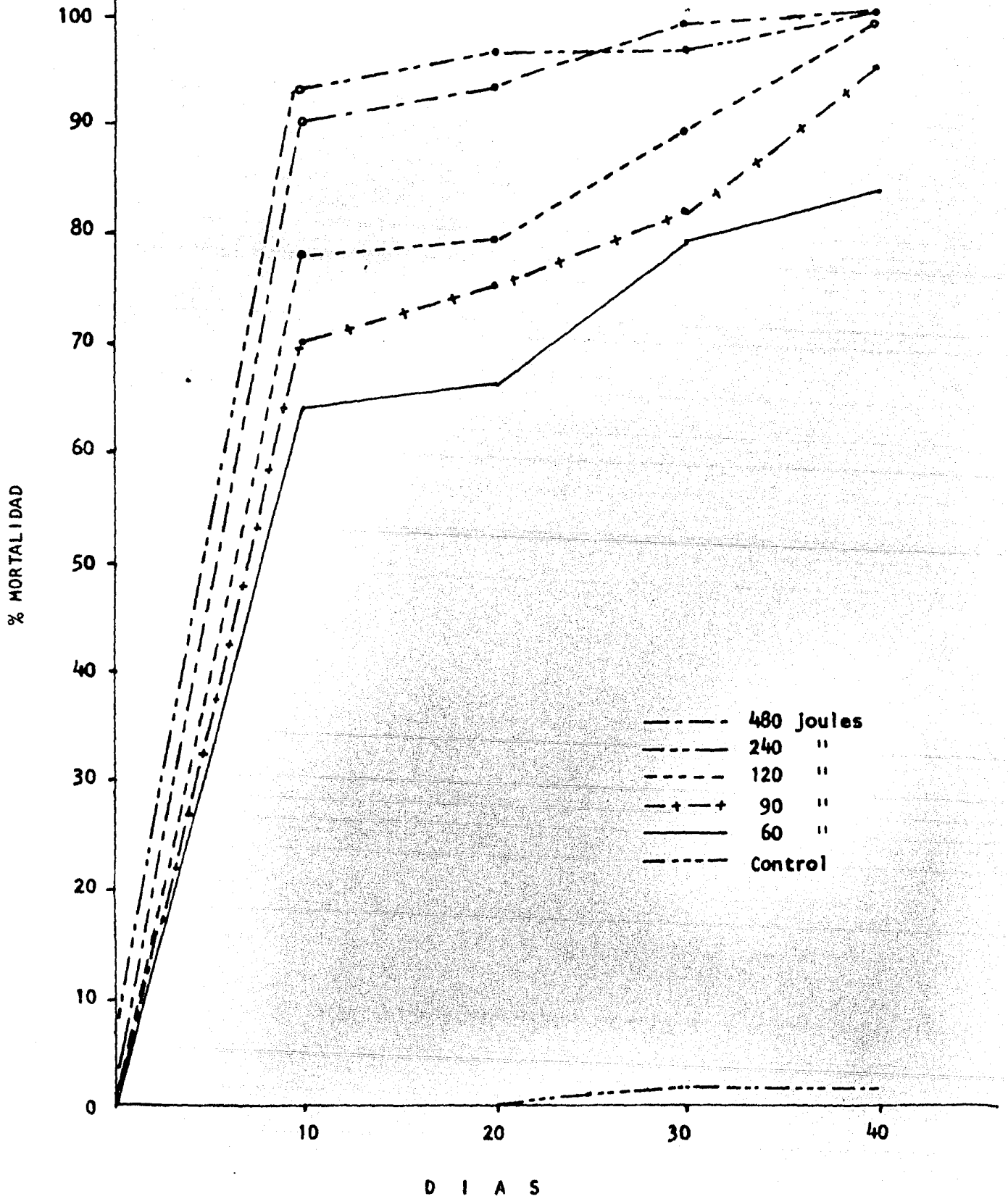
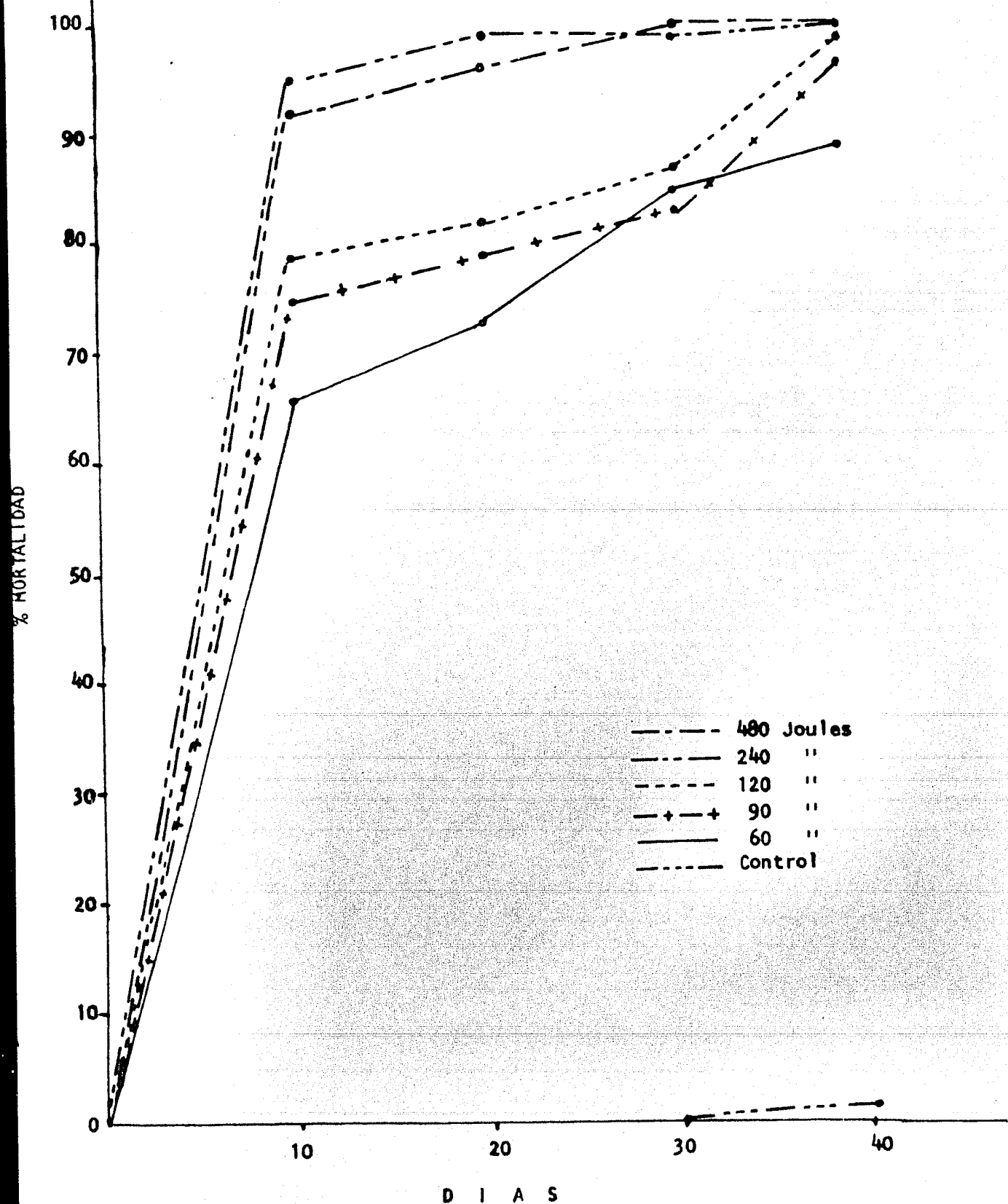


FIGURA 6

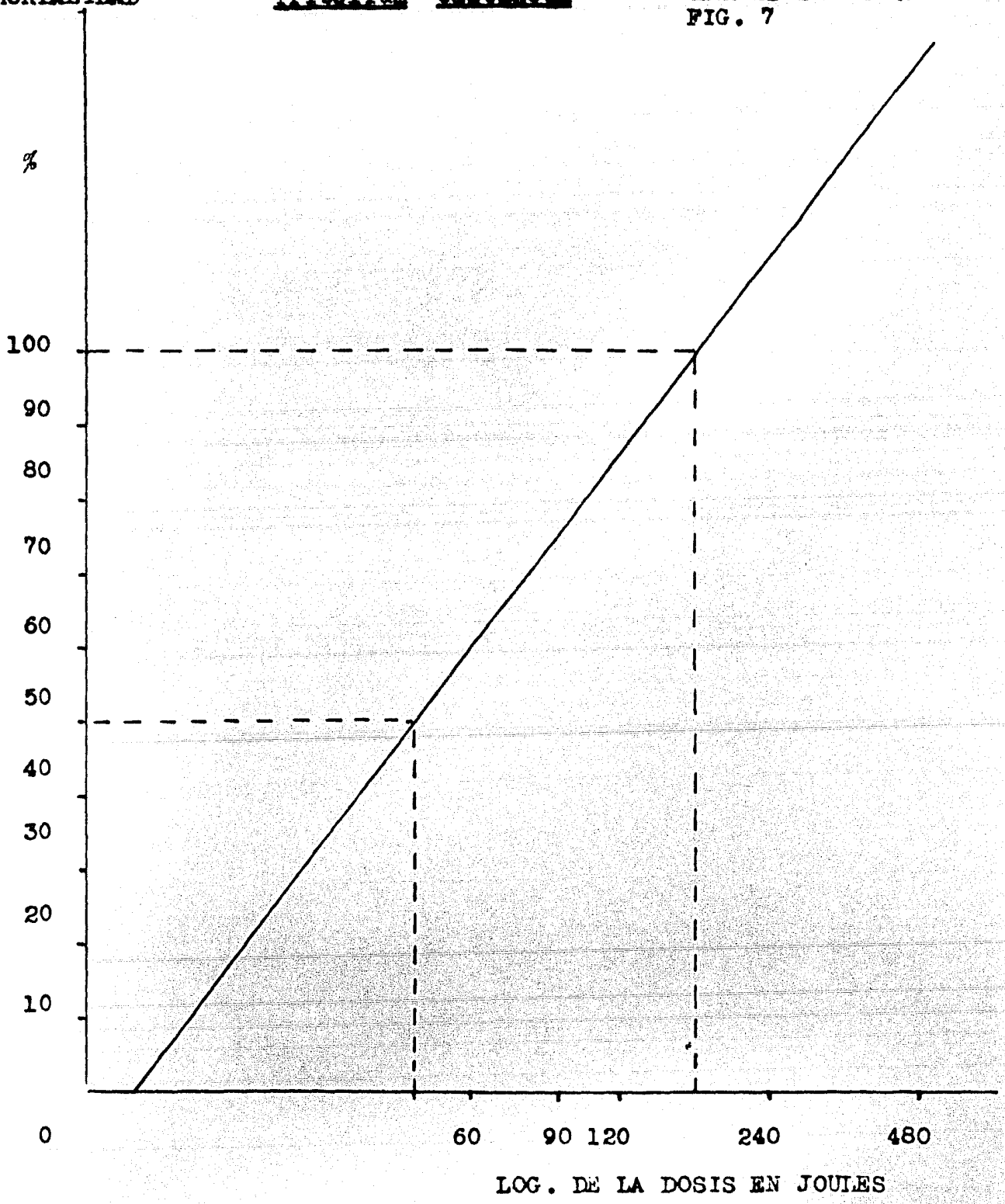
PORCENTAJE DE MORTALIDAD DE ADULTOS DE
Tribolium castaneum IRRADIADOS CON HARINA.



MORTALIDAD

Tribolium castaneum

LARVAS SIN HARINA
FIG. 7



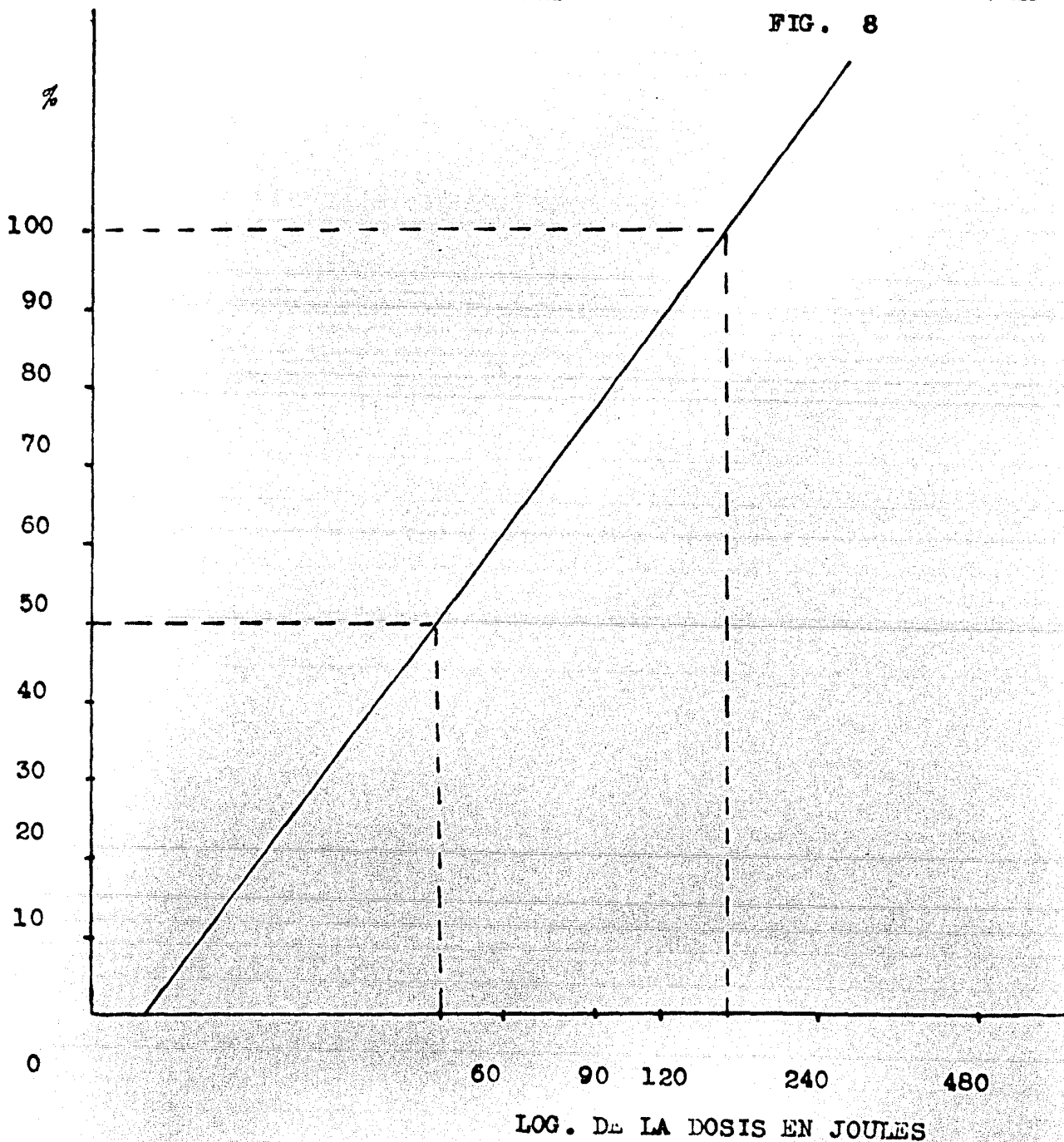
DOSIS LETAL 50 - 46 JOULES
DOSIS LETAL 100 - 170 JOULES

MORTALIDAD

Tribolium castaneum

LARVAS CON HARINA

FIG. 8



DOSIS LETAL 50 - 45 JOULES

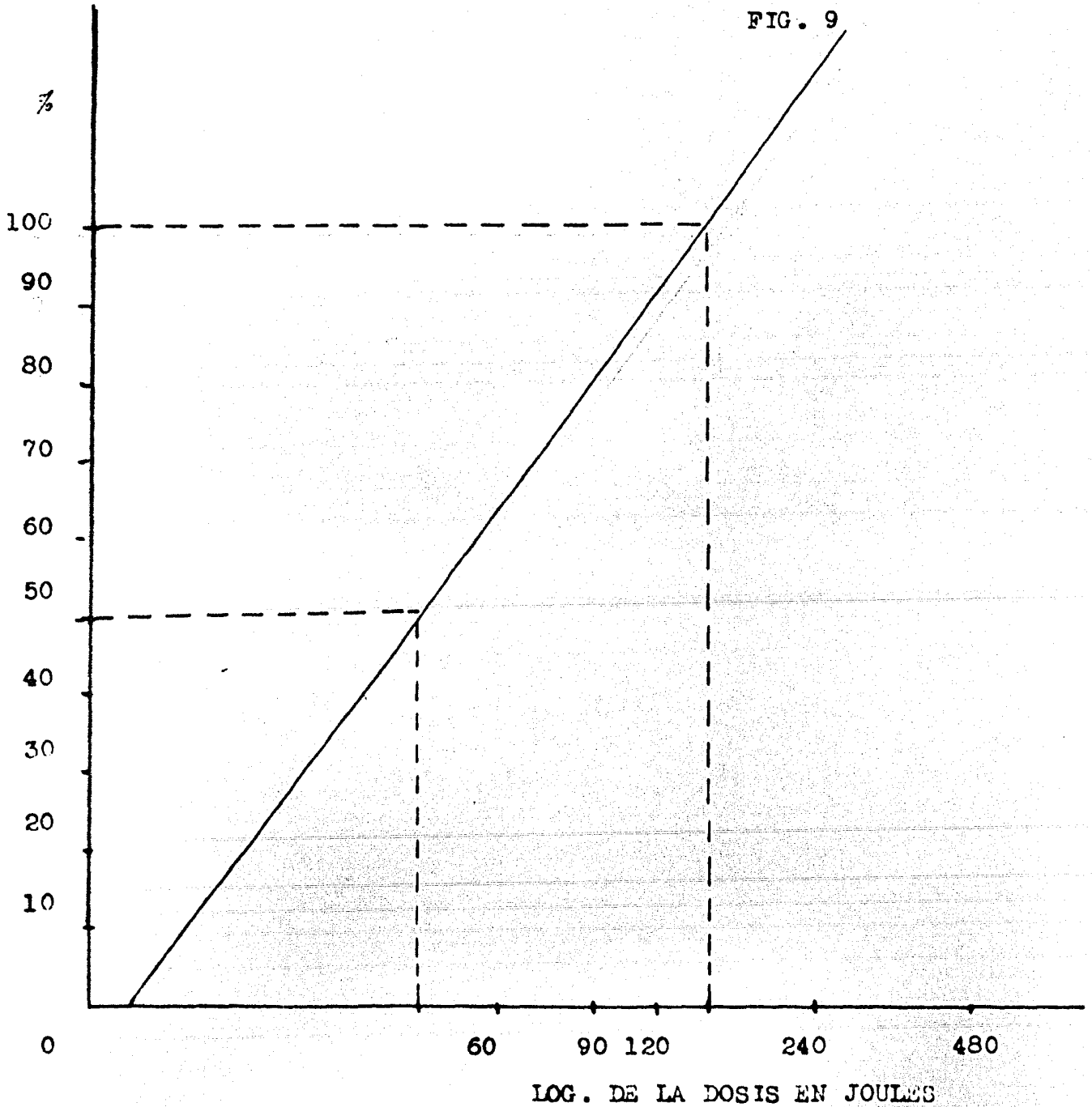
DOSIS LETAL 100 - 160 JOULES

MORTALIDAD

Tribolium castaneum

PUPAS SIN HARINA

FIG. 9



DOSIS LETAL 50 - 42 JOULES

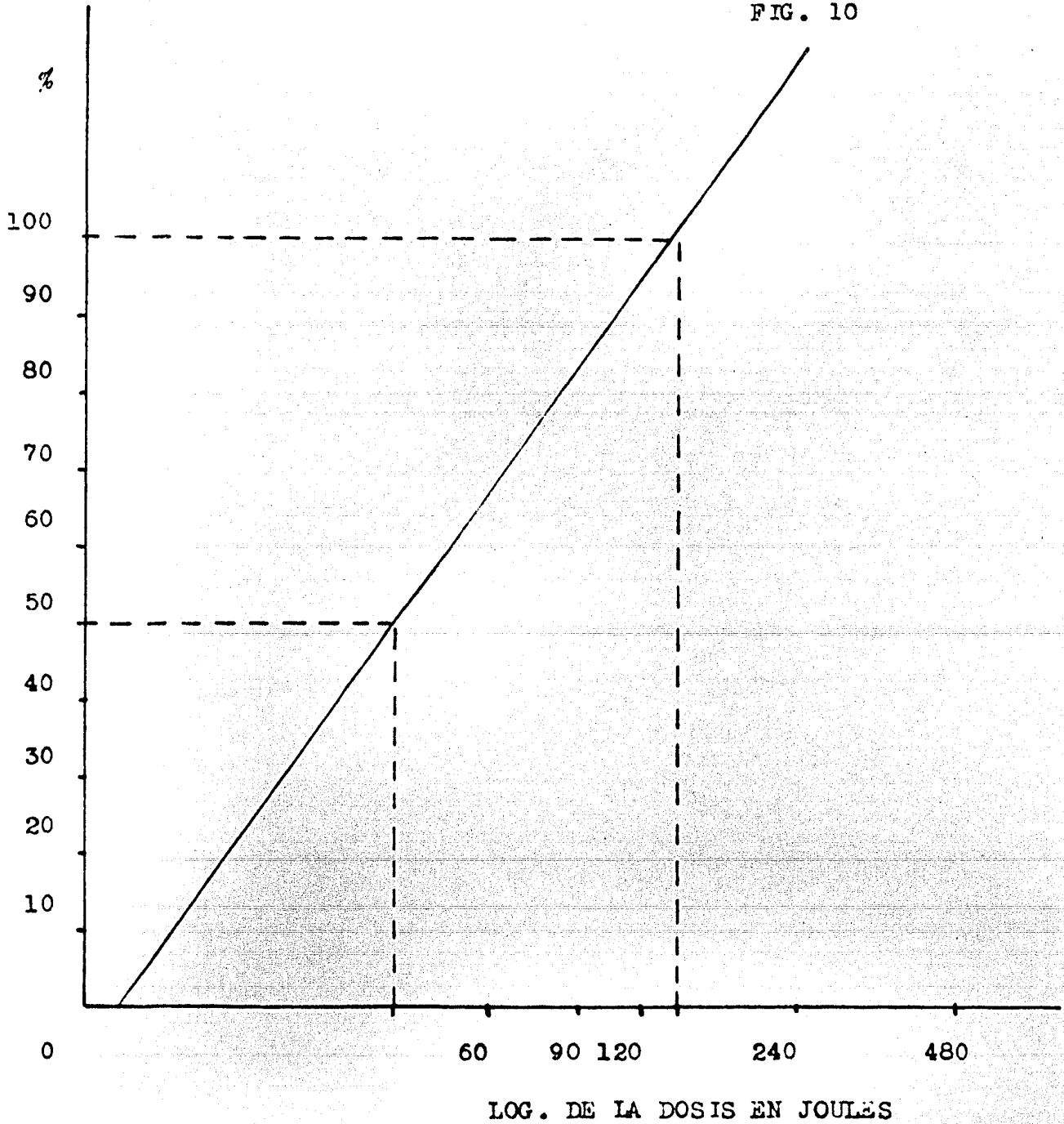
DOSIS LETAL 100 - 150 JOULES

MORTALIDAD

Tribolium castaneum

PUPAS CON HARINA

FIG. 10



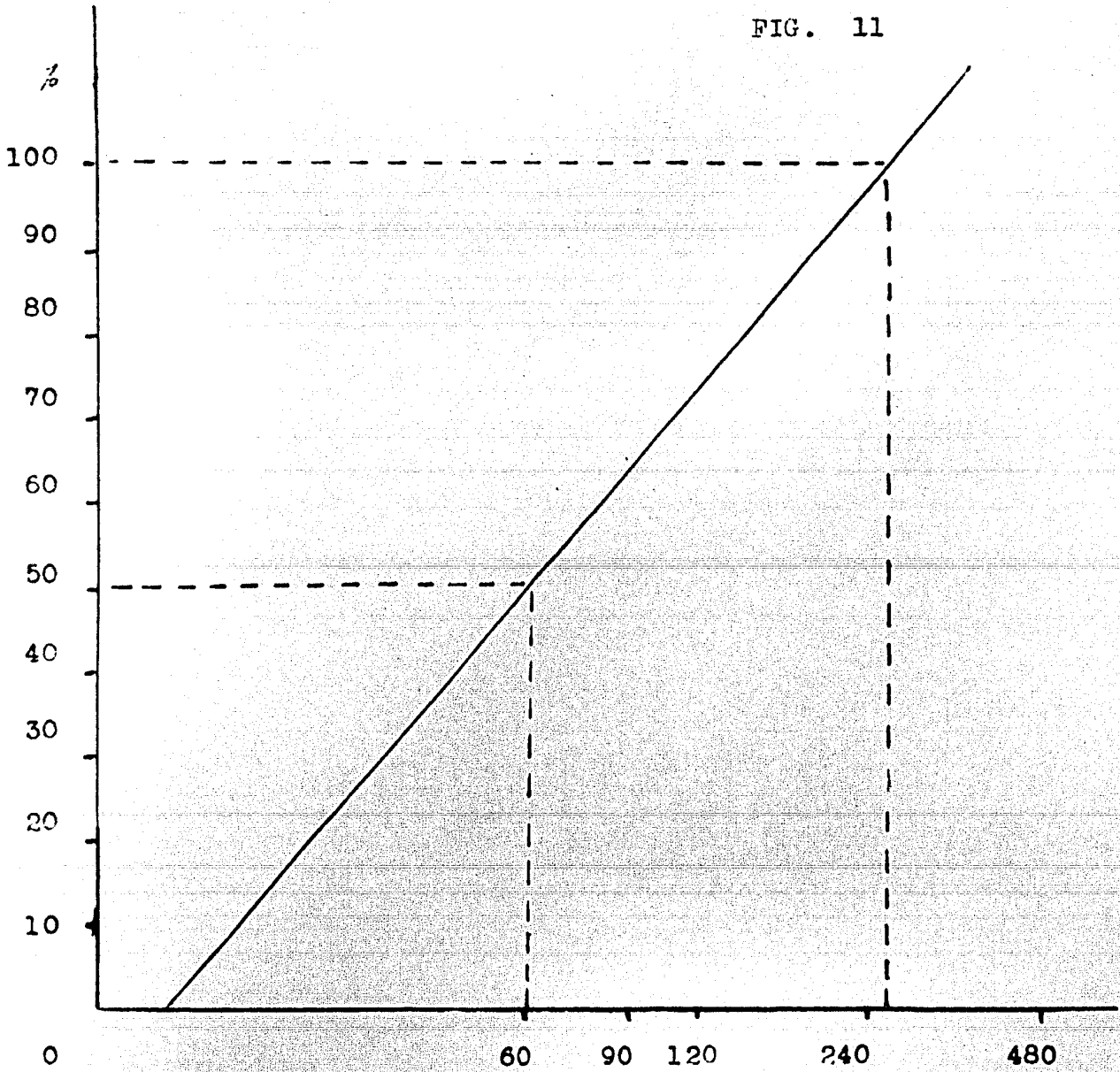
DOSIS LETAL 50 - 40 JOULES
DOSIS LETAL 100 - 140 JOULES

MORTALIDAD

Tribolium castaneum

ADULTOS SIN HARINA

FIG. 11



LOG. DE LA DOSIS EN JOULES

DOSIS LETAL 50 - 60 JOULES

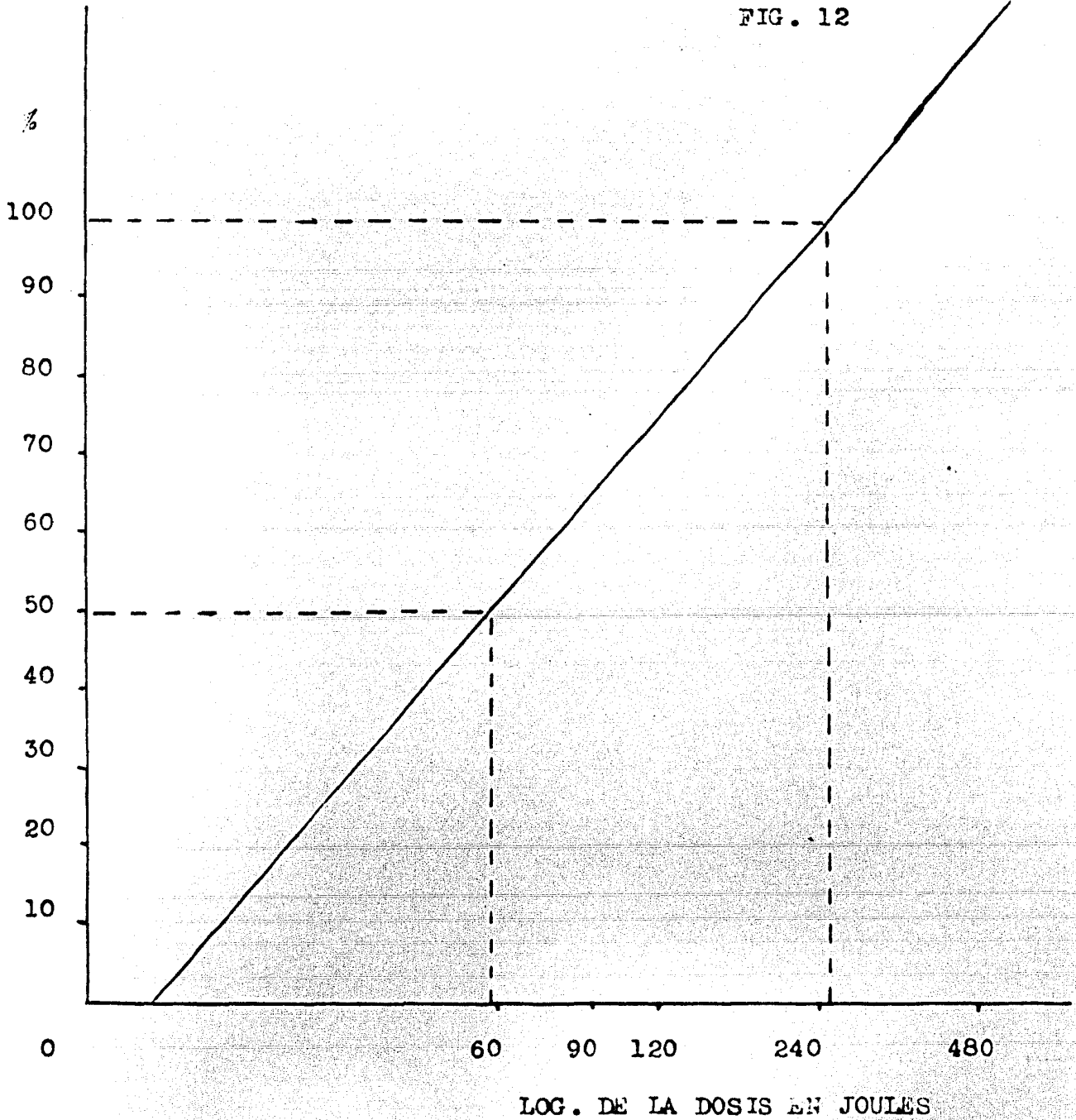
DOSIS LETAL 100 - 260 JOULES

MORTALIDAD

Tribolium castaneum

ADULTOS CON HARDIA

FIG. 12



DOSIS LETAL 50 - 58 JOULES

DOSIS LETAL 100 - 250 JOULES

LITERATURA CONSULTADA.

- ARBOGAST R.T. y B.R. FLAHERTY. 1973. Light responses of Tribolium castaneum and Tribolium confusum (Coleóptera, Tenebrionidae): variation with age and sex. J. Stored Prod. Res. 9: 31 - 35
- BERRIEL L.R. 1968. Laser de Helio Neón. Tesis Profesional U.N.A.M. México. 129 p.
- BIOLOGICAL CONTROL DEPARTMENT. 1967. Insect Pest of the Food Industry. Lauhoff Grain. Illinois. pp. 20 - 21
- BROWN R. 1970. Les lasers. Larousse. Paris. 192 p.
- CAVALLI, S.L. 1961. Analisi Statistica Per Medici e Biologi e Analisi del Dosaggio Biológico. Edizioni Universitarie Boringhieri-Torino. 210 p.
- CONCONI, J. RAMOS-ELORDUY. 1966. Efecto de las Radiaciones de ^{60}Co en Tribolium confusum Duval. Agrociencia 1 (2):45 - 52
- ELION H.A. Laser Systems and Applications. Pergamon. Oxford. 694 p.
- ERDMAN, H.E. 1962. Comparative X ray sensitivity of Tribolium castaneum and Tribolium confusum at different stages during their life cycle. J. Exp. Zool. Philadelphia 153: 141-147.
- GORDON TROUP. 1969. Lasers y Maseres. Paraninfo. Madrid. 163 p.
- HECHT E. y A. ZAJAC. 1977. Optica. Fondo Educativo Interamericano, S. A. México. 586 p.
- HERNANDEZ M.L. 1977. Efecto del Rayo Laser sobre Tribolium confusum Duval. (Coleóptera, Tenebrionidae). Tesis Profesional U.N.A.M. México, 82 p.
- KLEIN A. 1969. Masers y Lasers. Labor S.A. Barcelona. 148 p.

- MAGAR, R. 1969. Algunas Aplicaciones del Rayo Laser. Rev. Física. 1 (3): 22-28
- MALACARA, D. 1969. Optica Básica. Facultad de Ciencias U.N.A.M. México 394 p.
- MALACARA, D. 1969. El laser como instrumento óptico. Rev.Física. 1 (6): 10-18
- METCALF C.L. y W.P.Flint. 1975. Insectos destructivos e Insectos útiles, sus costumbres y su control. C.E.C.S.A. México. 1208 p.
- MORALES A. 1971. Láser de Argón Pulsado. Tesis Profesional U.N.A.M. México 89 p.
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. 1978. Manejo y Control de Plagas de Insectos. Limusa. México. 522 p.
- NEWELL E. GOOD. 1936. The Flour beetles of the genus Tribolium. Tech. Bull. No. 498 U.S.A. Department of Agriculture, Washington D.C. 45 p.
- ORSAZAG A. 1968. Les Lasers principes realisations - applications. Paris. 176 p.
- ORTIZ J. 1974. Diseño y Construcción de un Laser de Co.² Tesis - Profesional U.N.A.M. México. 58 p.
- RAMIREZ GENEL M. 1979. Almacenamiento y Conservación de Granos y Semillas. C.E.C.S.A. México. 300 p.
- REMY CHAUVIN. 1967. El Mundo de los Insectos. Mc.Graw - Hill. Madrid. 256 p.
- SHAO STEPHEN P. 1978. Estadística para economistas y Administradores de Empresas. Herrero. México 786 p.
- SIQUEIROS J. 1968. Laser de Rubí de Pulso Gigante. Tesis Profesional U.N.A.M. México. 60 p.

- SOKOBEL'TSYN. 1968. Quantum electronic in lasers and masers. Wiley. Nueva York. 161 p.
- STELING, K. R. 1966. Laser and their Applications. The Word - Publishing. Cleveland. 201 p.
- URBAN C. G. 1978. Efecto de un Laser de Argón en Larvas y Adultos de Sitophilus zeamais Motsh. Tesis Profesional U.N.A.M. México. 87 p.
- WOLBARSHT, M. L. 1971. Laser Applications in Medicine and Biology. Plenum. Nueva York. 288p.