

EFFECTO DE LA RAZÓN DE DOSIS DE LOS RAYOS GAMMA  
SOBRE LA OVIPOSICIÓN Y EMERGENCIA DE  
*PROSTEPHANUS TRUNCATUS* (HORN.)  
(COLEÓPTERA: BOSTRYCHIDAE)

JULIETA RAMOS-ELORDUY DE CONCONI\*

MARIO RAMÍREZ MARTÍNEZ\*

RESUMEN

*Prostephanus truncatus* (Horn.) es un insecto que ataca principalmente a los granos de maíz, constituyendo una de las plagas más importantes de éste. A las hembras adultas de 10 días de nacidas se les aplicaron 4 diferentes razones de dosis a una dosis de 15 Kr., usando 2, 4, 8 y 12 fuentes de cobalto 60 de un gamma beam. Las hembras muertas se contaron cada tercer día; a los 15 días el número total de huevecillos puestos, y de éstos los que nacieron y siguieron su desarrollo.

Los resultados muestran que en el lote testigo hubo un 87.8% de oviposición; en los individuos irradiados llegó sólo a un 3.3%. El nacimiento de los huevecillos de las hembras irradiadas fue también muy bajo (1.5%), mientras que en los testigos fue de 70.5%. El número de hembras muertas por efecto de la razón de dosis fue del 100% a los quince días, mientras que en los testigos, fue de apenas un 20%. Se supone que el efecto de penetración y ionización de las radiaciones gamma pudo haber afectado diferentes hormonas, y éstas a su vez al ovario.

Los resultados de esta investigación demuestran que el uso de la razón de dosis con cobalto 60 del gamma beam, presentan una alta eficacia para el control de plagas de insectos de granos almacenados.

Palabras clave: Insecta. Razón Dosis. Oviposición. Emergencia. *Prostephanus Truncatus*.

SUMMARY

We worked with an important pest of the stored corn, *Prostephanus truncatus* (Horn.), applying four different dose rates of 15 Kr. to 10 days old females, using 2, 4, 8 and 12 cobalt 60 sources of a Gamma-beam apparatus.

The number of females that died after 14 days of irradiation was counted and registered; the number of eggs laid by each female, and the number of eggs that hatched was also recorded. Their later development was followed.

The results show that 87.8% of the controls laid eggs; only 3.3% of those irradiated insects laid eggs. Only 1.5% of the eggs of irradiated females hatched, while 70.5% of those laid by the controls hatched. The death rate among irradiated females was 100% at 15 days; the controls only suffered 20%.

We suppose that the effect of the gamma rays in penetrating and ionizing the different hormones was big and these affected the ovaries.

The results of this research are highly promising, and show that the use of a Cobalt 60 gamma beam is highly efficient for the control of insect pests of stored grains.

Key words: Insecta. Dose Rate. Oviposition. Births. *Prostephanus Truncatus*.

\* Laboratorio de Entomología. Instituto de Biología. UNAM. Apdo. Postal 70-153. México 20, D. F.

tado de la meiosis durante la irradiación; la mayor emergencia se logra cuando los ovocitos son irradiados en la última profase.

La susceptibilidad de las células a la radiación se hace más patente durante las divisiones celulares y puede llegar hasta una supresión en la síntesis del ácido nucleico, lo que trae la muerte de la célula, causa de la esterilidad de los gametos y cambios mutagénicos celulares. Las dosis bajas de radiación son dañinas durante la reproducción celular, mientras que las altas dosis tienen un efecto sobre el resto del cuerpo celular (Jefferson, S., 1963).

La susceptibilidad de los adultos irradiados con respecto a su edad, ha sido registrada en un buen número de especies y es difícil de analizar sin un estudio crítico adecuado. Parece ser que hay un incremento significativo entre la radiosensibilidad y la edad, según se ha registrado en *Sitophilus oryzae*. (Jefferson, S., 1963). Estudios con sexos mezclados de *S. granarius* sugieren que la susceptibilidad de los adultos no es una función lineal con respecto a la edad (Cornwell, P. B., 1966); muestras de hembras irradiadas que han sido fertilizadas y que tienen de dos a cinco días de edad, no llegan a oviponer aunque son más resistentes que las muestras de hembras más jóvenes y más viejas. Los adultos con edades de 0 a 2 y de 5 a 10 días, son de igual susceptibilidad, pero son más resistentes que aquéllos de más de diez días.

Ellinger en 1944, consideró que la mayor parte de los síntomas generales pueden ser aplicados sobre la base del síndrome general de adaptación. Una de las principales características de esta condición es el agotamiento de la capacidad de las porciones corticales de algunas glándulas para formar hormonas.

Railla en 1933, indica que con la ra-

diación, el volumen hemolinfático y el líquido intracelular aumentan. El núcleo de los hemocitos se hincha y se observa un gran número de vacuolas. Estas variaciones pudieran deberse al aumento de la presión osmótica de los materiales nucleares o a la alteración de la permeabilidad celular. El efecto exacto aún no es conocido.

Los procesos de ionización debido a una irradiación pueden inactivar cantidades significativas de enzimas por desdoblamiento de los enlaces proteicos, que no presentan irreversibilidad; los síntomas pueden ser muy diversos según el punto del metabolismo que regulen.

Barrón en 1946 demostró que los gliceraldehidos, las deshidrogenasas, la adenosin-trifosfatasa y la succinoxidasa, son inactivadas en forma preferente por la radiación. Por esta razón el metabolismo de muchos tejidos se reduce después de la irradiación, tal como se podría esperar en la inactivación enzimática.

*Prostephanus truncatus* (Horn.) es un Coleóptero de la familia Bostrychidae que comúnmente es conocido como barrenador de los granos y es una plaga primaria (Cimmyt, 1975).

Su distribución comprende desde el sur de los Estados Unidos de Norteamérica hasta Sudamérica, estando por lo tanto presente en México y Centroamérica. (Cimmyt, 1975, Chitteden, F. H., 1911, Ramírez, G. M., 1974).

Por los pocos estudios que existen de él, se le ha relacionado con los hábitos y ciclo de vida de *Rhizopertha dominica*, no obstante las notables diferencias que existen (Cimmyt, 1975). Puede infestar a los granos desde el campo, ya que es un activo volador (U.S.D.A., 1965).

Daña preferentemente al maíz (Cimmyt, 1975, Chitteden, F. H., 1911, Ramírez, G. M., 1974), aunque puede desarro-

llarse también en harina de maíz o de trigo pero no en trigo entero. Se le ha señalado también como destructor de madera (U.S.D.A.), 1965 y aun de plástico.

Los huevecillos son colocados por las hembras en túneles que perforan en el interior del grano. Los huevecillos son de color blanco y van tomando un tono amarillento conforme va desarrollándose el embrión (Cimmyt, 1975). Las larvas se desarrollan en el interior del grano, aunque ocasionalmente suelen caer fuera de él, desarrollándose entre la harina producida por la barrenación de los adultos o de las propias larvas. Son de color blanco amarillento y presentan cinco estadios larvales y un estado prepupal.

Las pupas son de color blanco hasta castaño rojizo según su grado de desarrollo. El adulto mide alrededor de 4 mm de largo, y es de color castaño a pardo oscuro, según su longevidad. Su cuerpo es

cilíndrico y alargado, con la porción terminal del abdomen truncada; la superficie del cuerpo es pilosa y presenta depresiones circulares (U.S.D.A., 1965). Los adultos, al igual que las larvas, comen y perforan el grano muy activamente hasta pulverizarlo, dejando solamente el pericarpio (Cimmyt, 1975, Ramírez, G. M., 1974, U.S.D.A., 1965).

Parece que los adultos pueden permanecer hasta dos meses y medio sin alimento y presentan conducta de canibalismo. Los órganos genitales no son evidentes a simple vista y el único carácter que nos permite diferenciarlos es porque las hembras presentan unas crestas en el borde del clípeo más pronunciadas que en el macho. Se sabe muy poco del tiempo que abarca su ciclo de vida, pues varía con las condiciones ambientales, pero según nuestros estudios se lleva a cabo en aproximadamente cuatro a cinco semanas.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Para esta investigación se usó *Prostephanus truncatus* (Horn.), que es un insecto del cual se desconocen muchos aspectos biológicos y el efecto de las radiaciones sobre él.

Antes de llevar a cabo el experimento de la Razón de Rosis, se realizaron experiencias preliminares, tales como la sobrevivencia de los adultos por efecto de encapsulamiento, sobrevivencia por falta de alimento, medio de cultivo adecuado, medio de "soporte" durante la irradiación, sexación de adultos vivos, estudio del ciclo de vida y pruebas de dosimetría, con objeto de evitar la entrada de cualquier variable en nuestro experimento.

Se contaron 25 individuos hembras para cada Razón de Dosis, y se tuvieron

cuatro lotes experimentales y un testigo; en cada uno hubo tres repeticiones, o sea un total de 375 hembras adultas. El medio de "soporte" para la irradiación fue harina de maíz y harina de trigo en una proporción: 1:1, con 5 gramos de medio en cada frasco, el cual contenía 25 individuos hembras de 10 días de edad.

El material entomológico se llevó a irradiar al gamma beam de cobalto 60 del Centro de Materiales de la UNAM y se aplicó una dosis constante de 15 Kr, variando la razón de dosis y las fuentes, como se muestra en la tabla a continuación, que es el resultado de una serie de experiencias previas con dosímetro Fricke e insectos encapsulados.

TABLA 1

RAZÓN DE DOSIS, TIEMPO Y FUENTES APLICADAS EN LA IRRADIACIÓN CON COBALTO 60 DE UN GAMMA BEAN A HEMBRAS ADULTAS DE *PROSTEPHANUS TRUNCATUS* (Horn.) DE 10 DÍAS DE EDAD

Razón de Dosis (Kr/min)	Tiempo (Minuto:seg)	Fuente	Número de fuentes
0	—	ninguna	0
1.96	7:39.1	9-2	2
3.92	3:49.6	9-3-12-6	4
7.84	1:54.8	9-3-12-6-8-2-5-11	8
11.76	1:16.6	9-3-12-6-8-2-5-11-10-4-7-1	12

Como se puede observar en la tabla anterior; a mayor número de fuentes de cobalto, más kilorads por minuto, o sea, a mayor razón de dosis menor tiempo de exposición.

Los insectos irradiados se llevaron al laboratorio de Entomología del Instituto de Biología de la U.N.A.M. y se colocaron 25 individuos en frascos de 60 ml, conteniendo el medio antes mencionado, pero con 25 gramos en cada frasco, el cual fue tapado con una malla de alambre de 1 mm de diámetro y papel filtro Whatmann

del No. 1. Los frascos se colocaron en una cámara de cultivo a  $27 \pm 1^\circ\text{C}$  y a  $65 \pm 5\%$  de humedad relativa y se contaron las poblaciones de hembras vivas y muertas cada tercer día. Por otra parte, se registró el número de huevecillos puestos en cada frasco por las respectivas 25 hembras, y se observó el nacimiento de los mismos.

Los resultados obtenidos, siendo tan claros, no requirieron de un análisis estadístico y los datos se llevaron a ciclogramas y gráficas.

## RESULTADOS

En la tabla 2 y ciclograma 1 se puede observar que el número de huevecillos puestos por las 75 hembras de cada lote después de 14 días, fue de 87.8% en el lote testigo con respecto al total de huevecillos puestos por todas las hembras, a diferencia de los lotes experimentales que apenas presentaron entre 2.7 y 3.3%.

En la tabla 3 y ciclograma 2 se ve que el nacimiento de los huevecillos fue de 70.5% en los testigos en relación con el total del número de huevecillos puestos, 329 (tabla 2), y la mayoría llegó a edades de desarrollo larvario muy avanzado; en cambio, los lotes experimentales mostraron un gradual descenso de emergen-

cia con respecto al aumento de la Razón de Dosis, obteniéndose valores muy bajos en el nacimiento de los huevecillos, los cuales llegaron sólo al 1er. estadio larval.

En la tabla 4 están el número de hembras muertas por efecto de la Razón de Dosis, al igual que en la gráfica número 1; en ellas se observa que mientras en el testigo hubo apenas un 20% de decesos, en los lotes experimentales se llegó al 100% de mortalidad a los catorce días, marcándose una mayor mortalidad entre los seis y nueve días. Es interesante destacar que aun con una baja dosis de 15 Kr y una Razón de Dosis baja como en el

uso de dos fuentes, se obtienen los resultados deseados de la DL-100. En las razones de dosis con 4 y 8 fuentes se logró una rápida y efectiva caída de la pobla-

ción de las hembras de *Prostephanus truncatus*, ya que prácticamente desde los nueve días los insectos se hallaban muertos en su totalidad.

TABLA 2

NÚMERO DE HUEVECILLOS PUESTOS POR CADA 75 HEMBRAS DE *PROSTEPHANUS TRUNCATUS* EN CADA LOTE CATORCE DÍAS DESPUÉS DEL TRATAMIENTO

R. D. (Kr/min)	Número de fuentes	Número de huevecillos puestos	Porcentaje de huevecillos puestos
0	0	289	87.8
1.96	2	9	2.7
3.92	4	10	3.0
7.84	8	11	3.3
11.76	12	10	3.0
		329	99.8

TABLA 3

NACIMIENTO DE HUEVECILLOS DE HEMBRAS DE *PROSTEPHANUS TRUNCATUS* CATORCE DÍAS DESPUÉS DEL TRATAMIENTO

R. D. (Kr/min)	Número de fuentes	Número de huevecillos eclosionados	% de huevecillos eclosionados
0	0	232	70.5
1.96	2	5	1.5
3.92	4	5	1.5
7.84	8	2	0.6
11.76	12	1	0.3
		245	74.4
	Huevecillos no desarrollados	84	25.4
	Total de huevecillos puestos	329	99.8

TABLA 4

MORTALIDAD DE LAS HEMBRAS DE *PROSTEPHANUS TRUNCATUS* DESPUÉS DE LA IRRADIACIÓN

R. D. (Kr/min)	Número de fuentes	Tiempo (días transcurridos)							Número de individuos muertos	% de individuos muertos
		2	4	6	9	11	13	14		
0	0	0	0	0	10	0	5	0	15	20
1.96	2	6	2	27	27	13	0	0	75	100
3.92	4	0	0	31	43	0	1	0	75	100
7.84	8	0	0	54	20	1	0	0	75	100
11.76	12	0	0	41	27	4	3	0	75	100

## DISCUSIÓN

Como se puede observar en los resultados, la eficiencia del uso de la Razón de Dosis con rayos gamma es muy grande, ya que el número de hembras muertas de *Prostephanus truncatus* por efecto de la irradiación, fue del 100% en un lapso corto, ya que el promedio de vida de éstas es de alrededor de 35 días y el número de huevecillos puestos, así como el nacimiento de éstos, resultó también muy pequeño en contraste con el lote testigo.

Por otra parte, es interesante observar que la Razón de Dosis es mucho más efectiva que la dosis misma, ya que aunque aplicábamos una dosis baja (15 Kr) a las hembras adultas, la DL-50 y la DL-100 se presentaron en un periodo muy corto, tal y como si se hubieran aplicado dosis mayores. Este fenómeno lo podemos explicar en el sentido de que las radiaciones gamma tienen efecto acumulativo (Bacq, Z. M. y Alexander, P., 1955), así que aunque se apliquen dosis bajas, con un número de fuentes mayor, el organismo expuesto recibe mayor energía en sus tejidos y por ende mayor efecto de ionización.

Dado el efecto de concentración y el alto grado de ionización de las radiaciones gamma, podemos suponer que algunos de los órganos afectados pudieron ser los neuroendócrinos, el cerebro y los *corpora allata* (Ellinger, 1944).

Nuestros argumentos se basan en el número bajísimo de huevecillos puestos por las hembras irradiadas y la baja emergencia de los mismos.

Se sabe que la hormona gonadotrópica o gonadotropina compite con la hormona juvenil, originándose en las células neurosecretoras medias de la *Pars Intercerebralis*, marcando al ovario y glándulas acce-

sorias para la maduración de los ovocitos, y la maduración fisiológica de los gametos (Doane, W., 1973); de ahí el posible bajo número de huevecillos puestos.

La hormona juvenil o neotenina producida por los *corpora allata* puede marcar al ovario entre otros órganos y participar con la hormona gonadotrópica en la vitelogenénesis, y es posible que la ionización de la neotenina haya alterado el proceso metabólico y fisiológico de éste. La ecdysona u hormona de muda es otra de las sustancias que juega un papel básico en la estimulación de los ácidos nucleicos y síntesis de proteínas, así que cualquier alteración química de la ecdysona por efecto de las radiaciones debe producir cambios sobre las enzimas respiratorias (posible explicación de la anorexia), sobre las enzimas involucradas en la síntesis de carbohidratos y lípidos (Jefferson, S., 1963), y alteración en la producción de proteínas de la hemolinfa y el volumen del líquido (Failla, G., 1933).

Desafortunadamente, existe poca o casi ninguna literatura sobre los efectos fisiológicos de la Razón de Dosis sobre los insectos, menos aún su acción sobre sus hormonas y enzimas, pero es indudable que las radiaciones deben jugar un papel trascendental sobre estas sustancias, ionizándolas, o bien provocando alteraciones en los órganos neurosecretores que determinan las funciones vitales de los insectos.

Sin embargo, Whiting, R. R., en 1940, menciona la susceptibilidad de los huevecillos durante la ovogénesis en *Habrobracon*, y el hecho de que no se lleguen a desarrollar o degeneren por causa de la radiación con rayos X, lo cual podría aplicarse quizás también en este caso.

Igualmente Grosch, D. S., en 1962, demuestra la esterilidad y cambios mutagénicos celulares al aplicar radiación gama, e indica que las dosis bajas son dañinas durante la reproducción celular; en este estudio se aplicaron dosis bajas.

Ahora bien, Jefferson S., en 1963, señala una diferente radiosensibilidad de los individuos irradiados con cobalto 60, de *Sitophilus oryzae* según la edad, y por otro lado Cornwell, D. B., en 1966, dice que en *Sitophilus granarius*, hembras de más de 10 días de edad, son menos resistentes a la radiación que hembras más jóvenes, y que las de 2 a 5 días de edad, no llegan a oviponer; por lo tanto, aquí vemos que utilizando la Razón de Dosis,

los 2 conceptos se cumplen con una dosis baja.

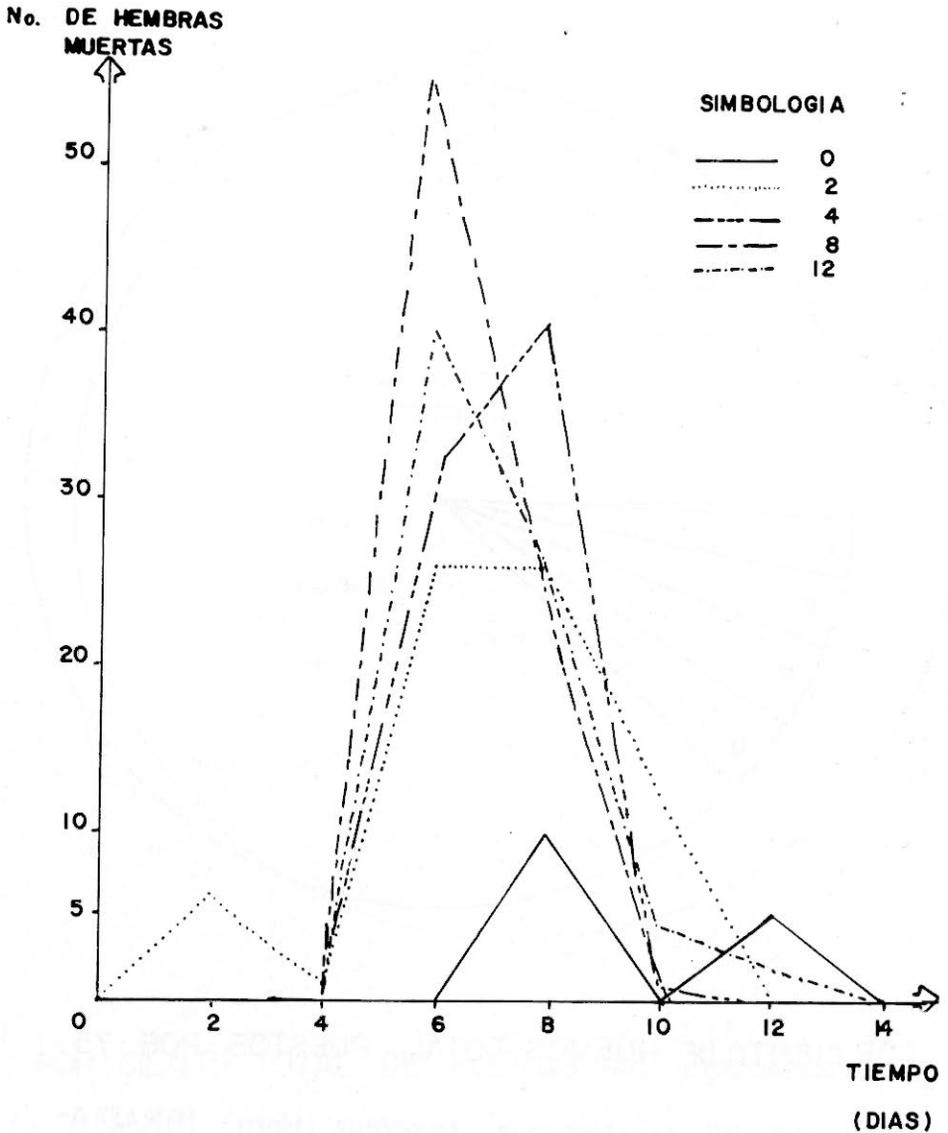
Podemos concluir que, de acuerdo a la teoría de Back y Alexander, la Razón de Dosis resulta ser un sistema de irradiación con una gran eficiencia.

Por otra parte, el efecto de la Razón de Dosis y el uso de bajas dosis de energía, de acuerdo con los resultados obtenidos en esta investigación, demuestran que es factible su uso en la Entomología Económica para el posible control de las poblaciones de insectos de productos almacenados con una alta eficacia sobre la mortalidad de las hembras adultas, baja fecundidad y bajo nacimiento de los huevecillos puestos, características deseables en el control de plagas.

#### LITERATURA CITADA

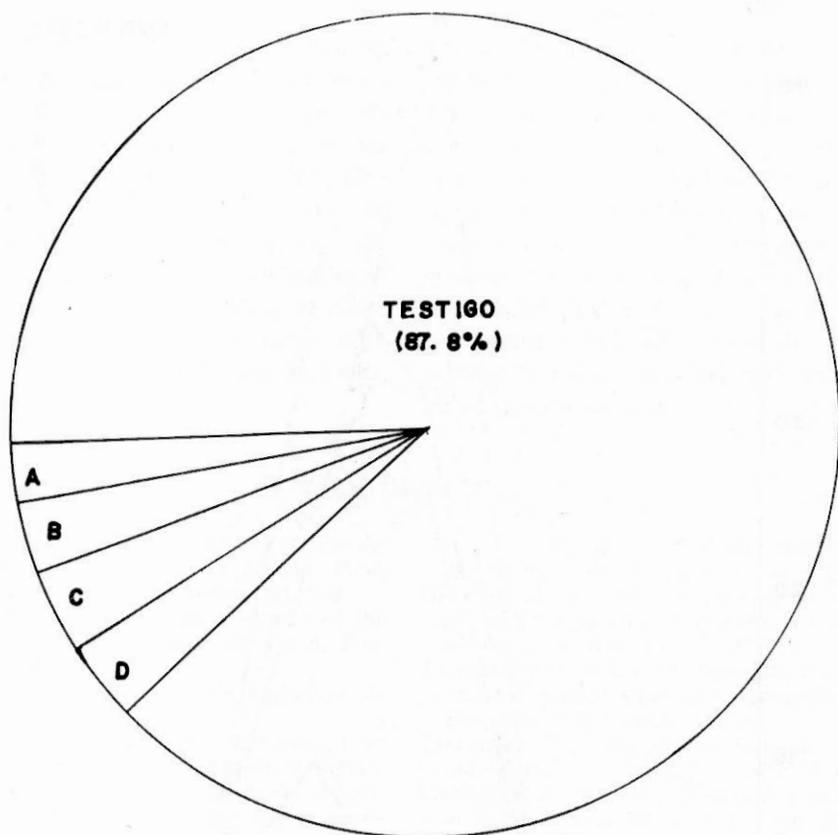
- BACQ, Z. M. y P. ALEXANDER, 1955. *Fundamentals of Radiobiology*. Academic Press, Inc. Pub. Nueva York-Londres, pp. 389.
- BARRÓN, E. S. G., 1946. Some aspects of the Biological action of Radiation. *U.S.A. E.C. No. MDDC-484*.
- CIMMYT, 1975. *Apuntes de Almacenaje de granos*, p. 26.
- CORNWELL, P. B., 1966. *The Entomology of grain. A collection of original research papers*. Pergamon Press. Oxford-Nueva York. 236 pp.
- CHITTENDEN, F. H., 1911. *The larger grain-borer. Insects affecting stored products*. 52 pp.
- DOANE, W. W. 1973. *Role of Hormones on insect development*. Cap. 4. in: S. J. Counce y C. H. Waddington *Developmental Systems: Insects*. Academic Press. Nueva York-Londres. V. 2. 497 pp.
- ELLINGER, F., 1944. *The Biologic fundamentals of Radiation therapy*. Elsevier Press. Inc. Nueva York. 245 pp.
- FAILLA, G., 1933. A theory of Biological action of ionizing radiations. *Suppl. of Science* 85: 202-214.
- GRAY, L. H., 1959. Cellular radiobiology. *Suppl. Radiation Research* 1: 73-101.
- GROSCH, D. S., 1962. Entomological aspects of radiation as related to genetics and physiology. *Ann. Rev. Ent.* 7: 81-106.
- INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, 1977. Manual of Food Irradiation dosimetry. *Tech. Rep. Ser. 178*. Vienna. 161 pp.
- JEFFERSON, S., 1963. Massive Radiation Techniques. *Bull. Sci., A.C.G. I.* 141-198 pp.
- LINDQUIST, A. W., 1952. Radioactive materials in Entomological Research *J. Econ. Ent.* 45 (2): 264-270.
- RAMÍREZ, G. M., 1974. *Almacenamiento y conservación de granos y semillas*. C.E.C.S.A. 2a. imp. México. 300 pp.
- URIBE, R., 1977. Átomos y Radioisótopos. *IFUNAM*. 77(37) p. 19.
- U.S.D.A., 1965. Stored-Grain pests. *Farmers' Bull.* 1260. 1-44.
- WHITING, A. R., 1940. Sensitivity to x-rays of different meiotic stages on unlaidd eggs of *Habrobracon*. *J. Exp. Zool.* 83 (2): 249-269.

GRAFICA No. 1



No. DE HEMBRAS MUERTAS DESPUES DE EXPONER-  
SE A LA ACCION DE RAYOS GAMMA.

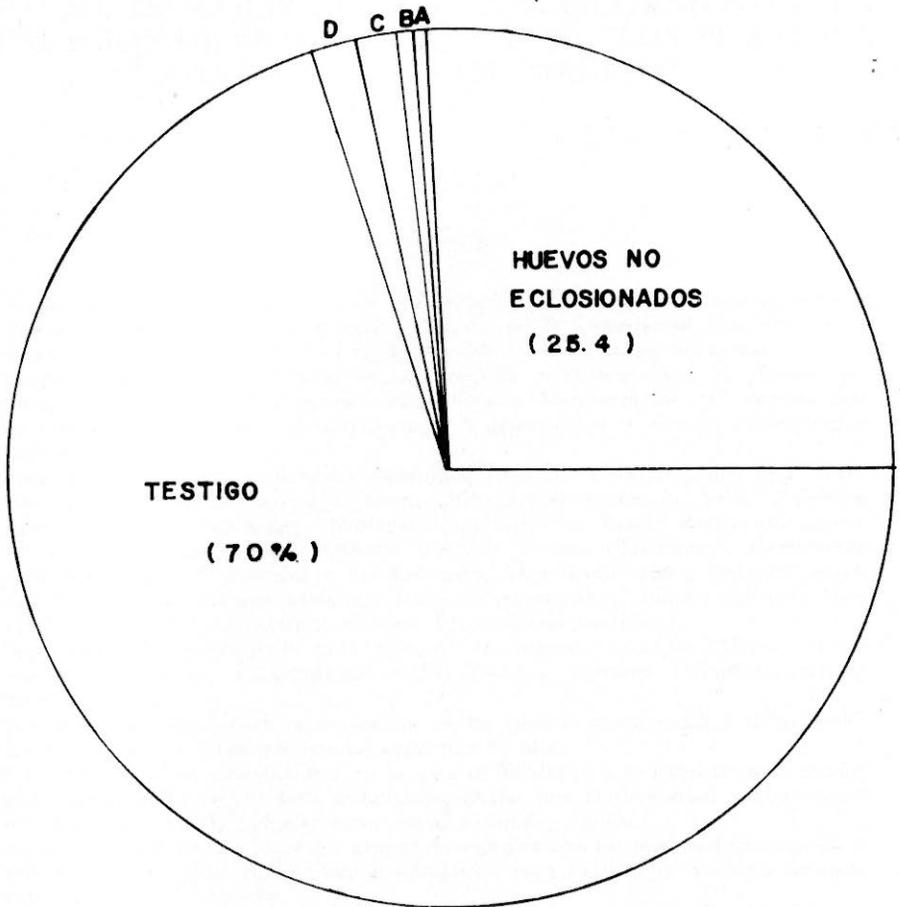
## CICLOGRAMA I



POR CIENTO DE HUEVOS TOTAL, PUESTOS POR 75  
HEMBRAS DE Prostephanus truncatus (Horn) IRRADIA-  
DAS, DESPUES DE CATORCE DIAS.

A) 2 (2.7 %) B) 4 (3.0%) C) 8 (3.3%) D) 12 (3.0%)

## CICLOGRAMA 2



POR CIENTO TOTAL DE HUEVOS DE Prostephanus

truncatus QUE ECLOSIONARON

A) 12 (0.3%)

B) 8 (0.6%)

C) 4 (1.5%)

D) 2 (1.5%)