

EFFECTO DE LAS RADIACIONES GAMMA EN EL GORGOJO DEL ARROZ

(*Sitophilus oryzae* L.) OBSERVACIONES PRELIMINARES

Por F. Romero R., C. García M. y L. López M. de A.

Rama de Entomología, Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx.

Sinopsis

En México, el gorgojo del arroz *Sitophilus oryzae* L. es la plaga más importante de los granos almacenados y dado que las radiaciones gamma pueden acabar con los insectos que infestan los granos almacenados sin dejar residuos tóxicos. Se planeó y ejecutó este trabajo experimental con objeto de determinar las dosis letales (D.L.) media y absoluta para este insecto en sus diferentes estadios, cuando se encuentra infectando al maíz y al arroz. Se encontró que este insecto se muestra más resistente a las radiaciones gamma mientras más avanzado es su estado biológico y que en el arroz presenta, asimismo, mayor resistencia a las radiaciones.

Summary

Gamma rays affect insects without leaving any toxic residue. This is specially advantageous when controlling stored grain pests. The rice weevil *Sitophilus oryzae* L. is the most important pest of stored grain in Mexico. Therefore, this experiment has been carried out in order to determine the absolute and partial lethal doses of gamma rays to be applied to control this pest, when it is attacking stored corn and rice. It was found that the weevil is adapted to rice better than to corn and its resistance to gamma rays is higher when it is attacking rice kernels than when attacking corn grain. It was also found that the more evolved is its biological age the more resistant to the gamma rays becomes the insect.

Introducción

América Latina, Asia y Africa son las regiones de la Tierra más azotadas por el hambre crónica o aguda y sus tasas de crecimiento demográfico son las mayores del mundo (5), y se cuenta con los menores índices de producción por hectárea (6).

La tasa de crecimiento demográfico de nuestro país permite calcular que para 1980, México contará con más de 61 millones de habitantes (31); y si ahora se sabe que aproximadamente un tercio de nuestra población no come pan de trigo (4) y que las pérdidas durante el almacenamiento de los productos agrícolas son cuantiosas (28) debido primordialmente al ataque de insectos (17), se concluye que es necesario aplicar nuevos y mejores métodos de combate de las plagas de los granos almacenados.

Las radiaciones gamma pueden acabar con el 100% de los insectos que atacan a dichos productos, independientemente de su estado biológico, no dejando residuos tóxicos debido a que no se añaden sustancias extrañas a los alimentos y, como el proceso de irradiación es automático, no pueden ocurrir errores humanos de operación (24).

1 Recursos Hidráulicos 231, Villahermosa, Tab. México.

2 Escuela Superior de Agricultura Tropical, Cárdenas, Tab. México.

3 Programa de Aplicación de los Radioisótopos a la Agricultura, CNEN, Plateros 7, México 20, D. F. México.

Revisión de literatura

Desde principios de siglo comenzaron a hacerse experimentos de irradiaciones atómicas (rayos X) sobre insectos (9, 52, 56, 66) y algún tiempo más tarde se utilizaron los radioisótopos y/o las radiaciones nucleares en el estudio de los hábitos alimenticios de algunos de ellos (1, 2, 13, 25, 26, 36, 37); en el estudio de los hábitos de cópula (39, 40, 55, 67); de vuelo, dispersión e hibernación (23, 27, 29, 32, 33, 46, 47); en estudios de genética (49, 57, 75, 76); de fisiología y bioquímica (8, 34, 55, 64, 73); de toxicología (7, 22, 35, 42, 51, 53, 54, 68); se usaron también en el combate biológico de plagas (3, 15, 20, 43, 48, 70, 77) y en el combate directo de las mismas, que comenzó a tomar importancia en los últimos 15 años, pues aunque los primeros intentos se hicieron a principios de siglo irradiando con rayos X al gorgojo del tabaco *Lasioderma serricorne* (56, 66), no fue sino hasta 1952 cuando se demostró que las radiaciones gamma podían resolver el problema del combate de infestaciones internas de productos agrícolas (32).

Algunas de las especies que han sido objeto de investigaciones con fines de combate directo por medio de radiaciones gamma son *Dacus dorsalis*, *D. cucurbitae*, *Ceratitis capitata* y *Anastrepha* spp. (10, 11, 12, 16, 18).

Entre las especies que atacan a los granos, semillas y frutas secas y que han sido investigadas con el mismo fin, se encuentran: *Plodia interpunctella* (30, 60), *Ephestia cautella* (60), *Callosobruchus chinensis* (62), *Laemophleus* spp. (65), *Trogoderma granarium* (44), *Oryzaephilus surinamensis* (60), *Rhyzoperta dominica* (30, 44), *Tribolium castaneum* (44, 58, 65), *Tribolium confusum* (71, 72), *Sitophilus sasaki* (50), *S. granarius* (44, 45) y *S. oryzae* (30, 41, 65, 74).

Métodos y materiales

El gorgojo del arroz (*Sitophilus oryzae* L.) es una plaga primaria, de distribución tropical, que ataca a los cereales más importantes en nuestro país (63). Es un coleóptero del Suborden Polyphaga y pertenece a la subfamilia Curculioninae de la familia Curculionidae (17). Por término medio cumple su ciclo biológico en 31 días (61).

En este trabajo, los cultivos de esta plaga se hicieron en maíz blanco dentado y en arroz pulido entero, en una cámara de cría a $28 \pm 0.5^\circ\text{C}$ y $70 \pm 5\%$ de humedad relativa. Bajo esas condiciones, el grano alcanza una humedad de 14% (14).

Los materiales empleados fueron:

Una fuente de Co-60 de 2,000 curios de actividad original, una cámara de cría de insectos, maíz blanco dentado, arroz pulido entero, microscopio estereoscópico, frascos de vidrio de 60, 500 y 2,000 ml, estuche de disección, malla de alambre de bronce, tamices para análisis de suelos y agitador mecánico de tamices.

En los frascos medianos y grandes (500 y 2,000 ml) se hicieron los cultivos de *S. oryzae* y en los de 60 ml se hicieron los tratamientos. Las tapas de todos los frascos fueron modificadas haciéndoles un corte circular en el que se soldó la malla de alambre para permitir la ventilación y evitar contaminaciones con otras plagas.

Para obtener los huevecillos se pusieron adultos del gorgojo en contacto con maíz y arroz sanos y se hicieron lotes de 20 huevos que fueron irradiados con 0, 1,

3, 5 y 7 Krads de rayos gamma. Cada lote fue mezclado con 15 gr de grano sano. Un grano estará ovipositado si en su superficie se observa un taponcillo amarillento que es colocado por la hembra después de ovipositar.

En el caso del maíz se debe revisar toda la superficie del grano para certificar si existe o no dicho tapón y en el del arroz se puede observar por transparencia el lugar de oviposición.

Las larvas y los adultos se obtuvieron de igual manera, pero en el caso de los adultos se hicieron lotes de 30.

Las observaciones se hicieron partiendo el grano en el caso del maíz y disectando el grano después de ablandarlo con agua, en el caso del arroz.

No se trabajó con larvas en maíz ni con pupas en ambos cereales pues para certificar su existencia era necesario extraerlos, lo cual significaría dejarlos en condiciones adversas de alimentación.

Se usaron larvas de segundo a cuarto estadíos, huevo de cero a cinco días y adultos de cinco a treinta días de edad. Las observaciones se hicieron a los cuarenta días para asegurar el transcurso de un ciclo biológico y hubo cuatro repeticiones.

Resultados

Irradiación de huevecillos en maíz

Después de revisar el material se usó como criterio de diferenciación la supervivencia en los distintos tratamientos (Cuadro 1).

Sobrevivientes de 20 huevecillos en maíz

DOSIS	REPETICIONES				SUMA
	I	II	III	IV	
1 Krad	2	4	3	1	13
3 Krads	0	0	0	1	1
5 Krads	0	0	0	0	0
7 Krads	0	0	0	0	0
Testigo	3	1	5	1	21
SUMA	10	8	8	9	25

A medida que la dosis aumentó, las larvas morían más pequeñas.

Irradiación de larvas en arroz

Se usó el mismo criterio de diferenciación y el efecto de las dosis fue semejante al caso anterior (Cuadro 2).

Sobrevivientes de 20 huevecillos en arroz

DOSIS	REPETICIONES				SUMA
	I	II	III	IV	
1 Krad	3	3	4	2	12
3 Krads	1	0	0	1	2
5 Krads	0	0	0	0	0
7 Krads	0	0	0	0	0
Testigo	4	4	4	4	16
SUMA	8	7	8	7	30

Irradiación de larvas en arroz

Los criterios de diferenciación usados fueron la reproducción total, la supervivencia y la mortalidad (Cuadros 3, 4 y 5).

C U A D R O 3

Producción total de 20 larvas irradiadas

DOSIS	R E P E T I C I O N E S				SUMA
	I	II	III	IV	
1 Krad	57	61	64	56	238
3 Krads	20	20	20	20	80
5 Krads	20	20	20	20	80
7 Krads	20	20	20	20	80
Testigo	63	53	55	53	224
SUMA	180	174	179	169	702

Del total de 702, el 75.92% fueron larvas, el 21.5% fueron adultos y el resto pupas.

C U A D R O 4

Total de Formas Vivas

DOSIS	R E P E T I C I O N E S				SUMA
	I	II	III	IV	
1 Krad	45	53	58	49	205
3 Krads	9	3	3	5	20
5 Krads	7	6	6	10	29
7 Krads	7	7	6	7	27
Testigo	53	45	44	45	187
SUMA	121	114	117	116	468

Del total de 468, 74.78% fueron larvas (1), 21.35 adultos y el resto pupas.

C U A D R O 5

Total de Formas Muertas

DOSIS	R E P E T I C I O N E S				SUMA
	I	II	III	IV	
1 Krad	12	8	6	7	33
3 Krads	11	17	17	15	60
5 Krads	13	14	14	10	51
7 Krads	13	13	14	13	53
Testigo	10	8	11	8	37
SUMA	59	60	62	53	234

Del total, 78% fueron larvas, 15.81 adultos y el resto pupas.

Irradiación de adultos en maíz

CUADRO 6

Producción total de 30 adultos irradiados

DOSIS	REPETICIONES				SUMA
	I	II	III	IV	
1 Krad	36	49	38	37	160
3 Krads	36	30	31	37	134
5 Krads	30	32	33	30	125
7 Krads	31	30	30	30	121
Testigo	54	55	63	59	231
SUMA	187	196	195	193	771

Del total, 9.2% fueron larvas, 86.51 adultos y el resto pupas.

CUADRO 7

Total de Formas Vivas

DOSIS	REPETICIONES				SUMA
	I	II	III	IV	
1 Krad	13	30	16	10	69
3 Krads	16	3	6	19	44
5 Krads	5	2	5	2	14
7 Krads	0	0	0	0	0
Testigo	35	34	49	37	155
SUMA	69	69	76	68	282

Del total, 18.78% fueron larvas, 71.63 adultos y el resto pupas.

CUADRO 8

Total de Formas Muertas

DOSIS	REPETICIONES				SUMA
	I	II	III	IV	
1 Krad	23	19	22	27	91
3 Krads	20	27	25	18	90
5 Krads	25	30	28	28	111
7 Krads	31	30	30	30	121
Testigo	19	21	14	22	76
SUMA	118	127	119	125	489

Del total, el 3.6% fueron larvas, 95% adultos y el resto pupas.

Irradiación de adultos en arroz

CUADRO 9

Producción total de 30 adultos irradiados

DOSIS	I	REPETICIONES			SUMA
		II	III	IV	
1 Krad	366	379	319	298	1,362
3 Krads	43	46	78	87	254
5 Krads	30	32	30	32	124
7 Krads	30	30	30	30	120
Testigo	321	284	314	332	1,251
SUMA	790	771	771	779	3,111

Del total, 51.71% fueron larvas, 37.89 adultos y el resto pupas.

CUADRO 10

Total de Formas Vivas

DOSIS	I	REPETICIONES			SUMA
		II	III	IV	
1 Krad	328	345	296	266	1,235
3 Krads	36	34	69	81	220
5 Krads	14	12	13	16	55
7 Krads	0	0	0	0	0
Testigo	287	251	284	304	1,126
SUMA	665	642	662	667	2,636

Del total, 53.83% fueron larvas, 34.06 adultos y el resto pupas.

CUADRO 11

Total de Formas Muertas

DOSIS	I	REPETICIONES			SUMA
		II	III	IV	
1 Krad	38	34	23	32	127
3 Krads	7	12	9	6	34
5 Krads	16	20	17	16	69
7 Krads	30	30	30	30	120
Testigo	34	33	30	28	125
SUMA	125	129	109	112	475

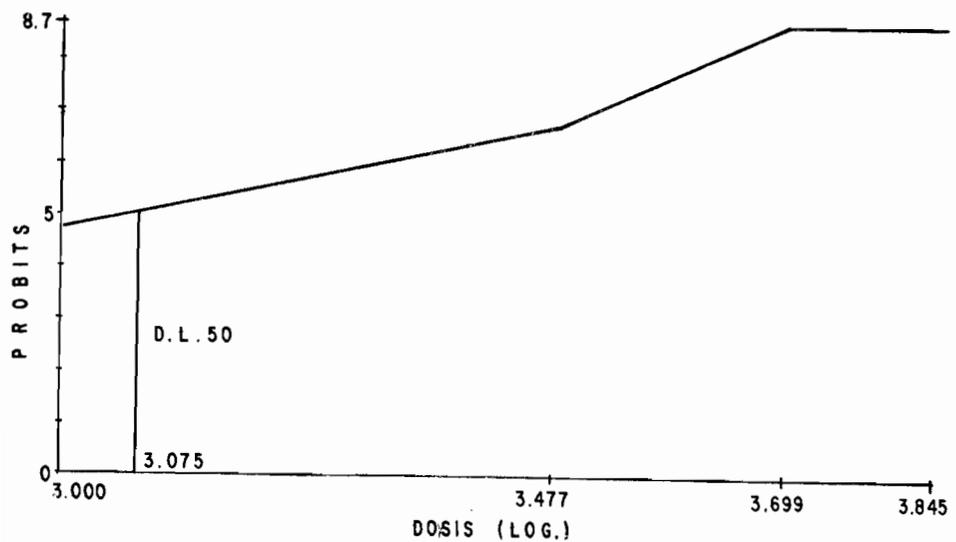
Del total, 40% fueron larvas, 59.15% adultos y el resto pupas.

Conclusiones

1. Irradiación de huevecillos en maíz

Para obtener las conclusiones, se hizo el análisis de varianza de acuerdo con el método de Bliss (69), aplicado al diseño conocido como Bloques al Azar (21) en el Cuadro 1. Las diferencias observadas fueron altamente significativas y la prueba de Duncan (21) permitió diferenciar cada tratamiento para concluir que 5 y 7 Krads inhiben absolutamente el desarrollo de los huevos; 3 Krads los afecta sin llegar a inhibirlos; 1 Krad los afecta en un 60% del testigo y la inhibición aumenta con el aumento de la dosis.

El cálculo de las dosis letal media y letal absoluta se hizo con base en la fórmula de Abbot (19). En la Gráfica 1, se puede ver que la ordenada al punto donde la curva pasa por el valor probítico de 5 (que corresponde al 50% de la mortalidad) tiene un valor logarítmico aproximado de 3.075 cuyo antilogaritmo expresado en rads da un valor de 1,189, valor que representa a la D.L.50. Como a partir de 5 Krads hubo el 100% de mortalidad, se concluye que la D.L.100% es algo menor de 5 Krads.

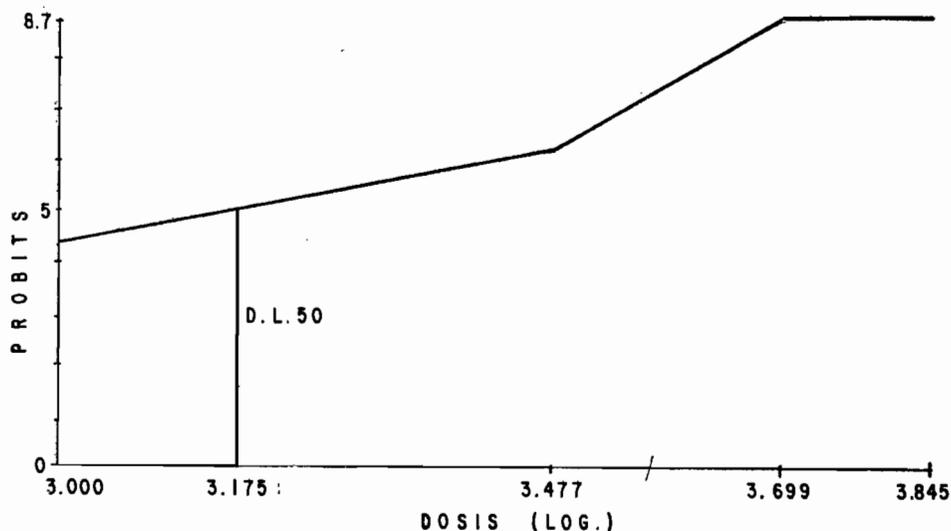


Gráfica 1. Dosis Letal Media para huevecillos en maíz.

2. Irradiación de huevecillos en arroz

Por los mismos procedimientos se encontró que las diferencias fueron altamente significativas y se obtuvieron las mismas conclusiones con la diferencia única de que la dosis de 1 Krad afecta a la supervivencia en un 75% del testigo.

En la gráfica 2 se puede observar que la D.L.50 es de 1,496 rads (el antilogaritmo de 3.175) y que la D.L.100 es también algo menor que 5.000 rads.



Gráfica 2. Dosis Letal Media para huevecillos en arroz.

Comparando las conclusiones obtenidas en ambos casos se puede concluir que el efecto general de los rayos gamma en los huevos de *S. oryzae* es similar, pero parece ser que resisten más en el arroz, ya que la D.L.50 fue de 1,189 rads en el maíz y para obtener el mismo efecto en el arroz fue necesaria una dosis mayor 1,495, aproximadamente en un 25% (1,495 rads). Probablemente experimentando entre 3 y 5 Krads, también se encuentren diferencias en la D.L.100.

3. Irradiación de larvas en arroz

En la producción total de descendencia se encontraron diferencias altamente significativas y la prueba de Duncan reveló que 7, 5 y 3 Krads equivalen en su efecto, al igual que uno y cero (T). Esto se puede comprobar en el Cuadro 3. Se concluye que a partir de 3 Krads hay inhibición de la reproducción, pues se produce una esterilidad de por lo menos 40 días en los casos de emergencia de adultos; que un Krad no produce ningún efecto diferente de T y que 3, 5 y 7 Krads pueden ser utilizados con idénticos resultados.

El análisis del total de formas vivas (Cuadro 4) y la correspondiente prueba de Duncan demostraron que 5 y 7 Krads inducen un retraso en el desarrollo de las larvas que en su mayoría quedaron en el 3o. y 4o. estadios, por lo que se concluye que los estados más evolucionados son más resistentes.

Para analizar el total de formas muertas (Cuadro 5), se tuvo que recurrir al método de Abbot (19) pues en T y 1 Krad, la mortalidad encontrada se debe a causas naturales y en el resto de los tratamientos sólo se debe a los tratamientos en sí. Se concluye que un Krad y T no causan mortalidad; que 3, 5 y 7 Krads no llegan a producir el 100% y que la D.L. 50 es de 2,739 rads.

4. Irradiación de adultos en maíz

Se concluyó que todas las dosis mayores que cero limitan la reproducción; que 3, 5 y 7 Krads equivalen estadísticamente, siendo esta última dosis la más efectiva y que un Krad permite una reproducción relativa. Lo anterior fue en cuanto a producción de descendencia. (Cuadro 6).

El análisis de la supervivencia (Cuadro 7) permitió concluir que 3, 5 y 7 estadísticamente permiten igual supervivencia, aunque 7 la inhibe totalmente; un Krad tendió más a la inhibición que al efecto nulo y en general todas las dosis mayores que cero la reducen.

El análisis de la mortandad permite concluir que la D.L. 100 se obtiene con 7 Krads en un máximo de 40 días; que la D.L. 50 es de 2,985 rads y que la mortalidad aumenta con la dosis. (Cuadro 8).

5. Irradiación de adultos en arroz

En cuanto a producción total de descendencia se concluyó que todas las dosis mayores que cero limitan la reproducción; 7 Krads en mayor grado que 5 y ésta en mayor que 3; un Krad no sólo *no* la limita sino que parece estimularla; T y un Krad permiten una muy alta reproducción. (Cuadro 9).

El análisis de la supervivencia (Cuadro 10) permite concluir que una dosis de 7 Krads la inhibe por completo; una de 5 la inhibe en un 50%; una de 3 no la inhibe y parece ser que la dosis de un Krad la facilita mejor que el testigo.

Analizando la mortalidad se concluye que la D.L. 100 se obtiene con 7 Krads en el lapso experimental; la D.L. 50 es de 5,000 rads; a partir de 3 Krads la mortalidad aumenta conforme aumenta la dosis; como en este caso la D.L. 50 fue mayor que en todos los casos anteriores, se puede decir que los estadíos más evolucionados son más resistentes.

Comparando los efectos de la irradiación de adultos en maíz y arroz se concluye que:

- a) *S. oryzae* está mucho mejor adaptado al arroz que al maíz pues la reproducción fue mucho mayor en el primero.
- b) 1 Krad es limitante en el maíz pero no lo es en el arroz.
- c) 5 y 7 Krads se comportan igual en ambos cereales.
- d) La dosis de 3 Krads permite una reproducción mucho mayor en el arroz.
- e) Excepto la dosis de 7 Krads, la supervivencia es siempre mayor en el arroz cualquiera que sea la dosis. Lo mismo se dice de la reproducción.
- f) Las D.L. 50 son siempre menores en el maíz, lo cual corrobora lo que se dice en a).

Bibliografía

1. ANDREEV, S. V. ET AL. "Empleo de los radioisótopos y de las radiaciones en la protección de las plantas". *RI. and Rad. in Ent. I.A.E.A., VIENA*: 23-27, 1962.
2. ANDREEV, S. V. ET AL. "Utilización de los radioisótopos y las radiaciones en la lucha contra los insectos nocivos para las plantas y los animales". *Rad. and RI. Appl. to Ins. of Agric. Imp. I.A.E.A., VIENA*, 1963.
3. ANÓNIMO. Atom V.S. screw-worm No. 2. Progress report. Washington, U. S. D. A. Pictures story No. 116, 1959.
4. ———. VIII Censo General de Población 1960. Resumen General. México. Sría. de Ind. y Com. Dir. Gral. de Estadística, 1962.
5. ———. Demographic Year Book 1963. XV Ed. Statistical. New York, Office of the United Nations. Department of Economical and Social Affairs. United Nations, 1963.
6. ———. Estudio Económico de América Latina 1963. Nueva York. Naciones Unidas, 1964.
7. B. W. ARTHUR "Metabolism of systematic and other recent insecticides in animals" *Rad. and RI. in Ent. I.A.E.A.; VIENA*, 65-82, 1962.
8. BABERS, F. H. & ROAN, C. C. "Distribution of radioactive phosphorus in susceptible and resistant house flies". *Jour. Econ. Ent.* (47) (6): 973-975, 1954.
9. BACCETTI & R. DE DOMINICIS. "The effects of gamma radiation on the ovaries of *Dacus oleae* Gmel. *Rad. and RI. Appl. to Ins. of Agric. Imp. I.A.E.A., VIENA*, 1963.
10. BALOCK, J. W. ET AL. "Effects of gamma radiation on various stages of three fruit parasites". *Jour. Econ. Ent.* (56) (1): 42-46, 1963.
11. ———. "Differential effects of gamma radiation on fruit flies and fruit fly parasites". *Jour. Econ. Ent.* (56) (6): 1169, 1965.
12. ———. "Gamma radiation as a quarantine treatment of Hawaiian fruit flies". *Jour. Econ. Ent.* (53) (1): 202-4, 1966.
13. BANKS, C. J. "Some recent studies involving the use of radioisotopes in the feeding behavior of two phytophagus insects". *RI. and Rad. in Ent. I.A.E.A., VIENA*, 1962.
14. BARNES, D. La relación entre granos almacenados y los insectos que los atacan. Mem. I Cong. Nac. de Ent. y Fitopat. E.N.A., Chapingo, Méx. pp. 260-265, 1958.
15. BAUMHOVER, A. H. ET AL. "Screw-worm control through release sterile flies". *Jour. Econ. Ent.* (48) (4): 462-466, 1955.
16. BEMSCHOTER, C. A. & TELICH, J. "Effects of gamma rays on immature stages of the mexican fruit fly". *Jour. Econ. Ent.* (57) (5): 690-691, 1964.
17. BORROR, D. J. & DE LONG, D. M. An introduction to the study of insects. New York. Revised Ed. Holt, Rinehart and Winston. pp. 241, 244 y 335, 1964.
18. BROWNELL, L. E. ET AL. The design of a gamma irradiation facility for the control insect infestation in flour, meal or grain. Ann Arbor, Mich. Engineering Research Inst. University of Michigan, 1955.
19. BURT, P. E. Curso de Toxicología. Chapingo, Méx. Colegio de Postgraduados, E.N.A., 1964.
20. RUSHLAND, R. C. ET AL. Eradication of screw-worm fly by releasing gamma ray sterilized males among the natural population. New York. Peaceful uses of Atomic energy. U.N. (12), 1956.
21. CARRILLO, J. L. ET AL. "Efecto esterilizante de las radiaciones gamma y del compuesto "Apholate" sobre la conchuela del frijol". *Agricultura Técnica en México, S.A.G. México*, 1964.
22. CATRINA, ET AL. "L'establissement des processus d'absortion et diffusion des insecticides systemiques au *Populus X euramericana* Donde Guinier "robusta". *Rad. and RI. Appl. to Ins. Agric. Imp. I.A.E.A., VIENA*, 1963.
23. CONSTANTINE, E. D. ET AL. "Preliminary studies of the field movement of the olive fruit fly (*Dacus oleae* Gmel) by labelling a nature population with radioactive phosphorus". *Rad. and RI. Appl. to Ins. of Agric. Imp. I.A.E.A., VIENA*: 32, 1963.
24. CORNWELL, P. B. The entomology of radiation desinfestation of grain. *Pergamon Press*, 1966. pp. XIII.
25. COURTOIS, G. Y J. LECOMTE. "Quelques emplois des radioelements et des ravonne-ments en entomologie". *Rad. and RI. Appl. to Ins. of Agric. Imp. I.A.E.A., VIENA*, 1963.
26. CROSSLEY, D. A. "Use of radioactive tracers in the study of insect plant relationship". *Rad. and RI. Appl. to Ins. of Agric. Imp. I.A.E.A., VIENA*, 1963.
27. DAVIS, J. M. Y R. H. NAGEL. "A technic for tagging large numbers of live insects with radiophosphorus. *Jour. Econ. Ent.* (49) (2): 210-211, 1956.
28. DE LAS CASAS, A. E. Problemas asociados con la estimación de las pérdidas que causan las plagas en los granos almacenados. Mem. del I Cong. Nac. de Ent. y Fitopat. E.N.A., Chapingo, Méx. pp. 271-275, 1958.

29. DELATTRE, R. "Note sur les possibilités de lutte autres que les insecticides. *RI. and Rad. in Ent. I.A.E.A., VIENA*, 1962.
30. DENIS, N. M. "The effects of gamma-ray irradiation on certain species of stored-product insects". *Jour. Econ. Ent.* (54) (1): 211-213, 1961.
31. DUCCOFF, L. J. Los recursos humanos de Centroamérica, Panamá y México en 1950-1980 y sus relaciones con algunos aspectos del desarrollo económico. Naciones Unidas. Comisión Económica para América Latina, 1960. 125 pp.
32. EDDY, G. W. ET AL. "Studies on the flight habits of some marked insects". *Jour. Econ. Ent.* (55) (5): 603-607, 1962.
33. FREDERICKSEN, C. F. Y J. H. LILLY. "Measuring wire worms reaction to soil insecticides by tagging with radioactive Cobalt". *Jour. Econ. Ent.* (48) (4): 38-42, 1955.
34. FUZEAU, S. Y BRASCH. "Etude de la pigmentation tegumentaire des insectes a l'aide de radioéléments". *Rad. and RI. Appl. to Ins. of Agric. Imp. I.A.E.A., VIENA*: 289-297, 1963.
35. GILES, R. H. Y T. J. PETERLE. "Distribution of aerealy applied Malation S-35 in a forest ecosystem". *Rad. and RI. Appl. to Ins. of Agric. Imp. I.A.E.A., VIENA*, 1963.
36. GOSSWALD, K. Y W. KLOFT. "Tracer experiments on food exchange in ants and termites". *Rad. and RI. Appl. to Ins. of Agric. Imp. I.A.E.A., VIENA*, 1963.
37. HAMILTON, M. A. "Further experiments on the artificial feeding of *M. persicae* (Sulz)". *Annual of Applied Biology. Biological Abstracts*, 22, 243, 1935.
38. HASSET, C. C. Y D. W. JENKINS. "Use of fission products for insect control". *Nucleonics*, (12): 42-46, 1952.
39. HENNE BARRY, T. J. Y W. L. MCGOVERN. "Effects of gamma radiation on mating competitiveness and behavior of *Drosophila melanogaster* males". *Jour. Econ. Ent.* (56) (6): 739-741, 1963.
40. ———, ET AL. "Some effects of gamma radiation and a chemosterilant on the mexican bean beetle". *Jour. Econ. Ent.* (57) (6): 813-815, 1964.
41. HOOVER, D. L. ET AL. "Effects of K.V.X. ray radiation on *Sitophilus oryzae*". *Jour. Econ. Ent.* (56) (5): 584-586, 1963.
42. HOPKINS, T. L. Y W. E. ROBBINS. "The absorption, metabolism and excretion of C-14 labeled Allethrin". *Jour. Econ. Ent.* (50) (5): 684-687, 1957.
43. HORBER, E. "Eradication of White Grub *Melolonta vulgaris* F. by the sterile male technique". *Rad. and RI. Appl. to Ins. of Agric. Imp. I.A.E.A., VIENA*, 1963.
44. HUQUE, H. "Preliminary studies on irradiation of some common stored grain insects in Pakistan". *Rad. and RI. Appl. to Ins. of Agric. Imp. I.A.E.A., VIENA*, 1963.
45. JEFFERIES, J. D. "The effects of continued and fractionated dosis of gamma radiation on the survival and fertility of *Sitophilus granarius Calandra granaria* L. *RI. and Rad. in Ent. I.A.E.A., VIENA*, 213-231, 1962.
46. JENKINS, D. W. "A field method of marking arctic mosquitoes with phosphorus". *Jour. Econ. Ent.* (42) (6): 988-989, 1949.
47. ———. "Radioisotopes in ecological and biological studies of agricultural insects". *RI. and Rad. in Ent. I.A.E.A., VIENA*: 3-21, 1962.
48. KNIPLING, E. F. "Possibilities of insect control or eradication through use of sexually sterile males". *Jour. Econ. Ent.* (48) (4): 459-462, 1955.
49. LA CHANCE, L. E. Y D. E. HOPKINS. "Mutation in the screw-worm fly". *Jour. Econ. Ent.* (55) (5): 733-737, 1962.
50. LAVIOLETTE, P. Y P. NARDON. "Influence de l'irradiation sur les adultes de *Sitophilus sasaki* Takahashi curculionidae et leurs descendants". *Rad. and RI. Appl. to Ins. of Agric. Imp. I.A.E.A., VIENA*, 1963.
51. LE ROUX, E. J. "The absorption, distribution and site of action of D.D.T. resistant and D.D.T. susceptible house flies, using Carbon-14 labeled D.D.T.". *Jour. Econ. Ent.* (47) (6): 1058-1066, 1954.
52. LEY, K. F. Radioisótopos: Teoría y experimentación. Tesis Maestro en Ciencias. Puebla. Méx. Universidad de Puebla, 1959.
53. LINDQUIST, W. A. ET AL. "Studies on the fly of three species of flies tagged with radiophosphorus. *Jour. Econ. Ent.* (44) (3): 397-400, 1951.
54. ———. "Use of radioactive tracers in studies of penetration and metabolism of D.D.T. in house flies". *Jour. Econ. Ent.* (44) (2): 167-172, 1951.
55. LINDSAY, E. Y R. CRAIG. "The distribution of radiophosphorus in wax moth, meal worm, cockroach and fire brat". *Annals of the Entomological Society of America*, (35): 50-56, 1942.
56. MORGAN, A. C. Y G. A. RUNNER. "Some experiments with roentgen rays upon the cigarette beetle *Lasioderma serricorne* Fabr. *Jour. Econ. Ent.* (6): 226-230, 1913.
57. MULLER, H. J. "Artificial transmutation of the gene". *Science* 66, 84-87, 1927.
58. NAIR, K. K. Y G. SUBRAMANYAM. "Effects of variable dose-rates on radiation damage in the rust-red flour beetle *Tribolium castaneum* Everst". *Rad. and RI. Appl. to Ins. of Agric. Imp. I.A.E.A., VIENA*, 1963.

59. NORMAN, M. A. ET AL. "Elimination rate and effects on reproduction of ingested radiophosphorus in the boll-weevil". *Jour. Econ. Ent.* (58) (1): 119-121, 1965.
60. PAPADOPOULOU, C. P. "Desinfestation of dried figs by gamma radiation". *Rad. and RI. Appl. to Ins. of Agric. Imp. I.A.E.A., VIENA*, 1963.
61. QUINTANA, R. R. Reporte preliminar sobre el ciclo biológico de dos especies de insectos que dañan al grano almacenado. Mem. I Cong. Nac. de Ent. y Fitopat. E.N.A. Chapingo, Méx., 1958.
62. QURAIISHI, M. S. y M. METUN. "Radiosensitivity of various stages of *Callosobruchus chinensis* L". *Rad. and RI. Appl. to Ins. of Agric. Imp. I.A.E.A., VIENA*, 1963.
63. RAMÍREZ, G. M. y BARNES D. Los insectos y sus daños a los granos almacenados. Folleto Misceláneo No. 6. México. Oficina de Estudios Especiales. SAG, 1958.
64. RODRÍGUEZ, J. G. "Radiophosphorus in metabolism studies in the two-spotted spider mite". *Jour. Econ. Ent.* (47) (3): 514-517, 1954.
65. ROMERO, R. F. Efecto de los rayos gamma en algunas plagas de granos almacenados. Observaciones generales. V Cong. Nac. de Ent. Distrito Federal, Méx., 1965.
66. RUNNER, G. A. "Effects of roentgen rays on the tobacco, or cigarette beetle and the results of experiments with a new form of roentgen tube". *Journal of Agricultural Research*. (6): 383-388, 1916.
67. SAYEED, Q. M. "Use of radioisotopes for investigating the behavior and ecology of insect pests in some recent studies". *Rad. and RI. Appl. to Ins. of Agric. Imp. I.A.E.A., VIENA*, 1963.
68. SCHMIDT, C. H. y P. A. DAHM. "The synthesis of C-14 labeled piperonyl butoxide and its fate in the Madeira roach". *Jour. Econ. Ent.* (49) (6): 729, 1956.
69. SNEDECOR, G. W. Statistical Methods. Ames, Iowa State University press, 1962.
70. STEINER L. F. ET AL. "Melon fly eradication by overflooding with sterile flies. *Jour. Econ. Ent.* (58) (3): 519-522, 1965.
71. TILTON, E. W. ET AL. "The effects of confining confused flour beetles in gelatin capsules before, during and after gamma radiation. *Jour. Econ. Ent.* (58) (1): 175-176, 1965.
72. ———. "Notes on the effects of preconditioning confused flour beetles with temperature variations or carbon dioxide prior to gamma radiation". *Jour. Econ. Ent.* (58) (1): 179-181, 1965.
73. TREHERNE, J. E. "Radioisotopes and the insect central nervous system". *RI. and Rad. in Ent. I.A.E.A., VIENA*, 1962.
74. VIADO, G. B. y E. C. MANOTO. "Effects of gamma radiation on three species of philippine insect pests". *Rad. and RI. Appl. to Ins. of Agric. Imp. I.A.E.A., VIENA*, 1963.
75. VON BORSTEL, R. C. "On the role of lethal mutants in the control of populations". *RI. and Rad. in Ent. I.A.E.A., VIENA*, 1962.
76. VON BORSTEL, R. C. "Effects of radiation on germ cells insects Dominant, lethals, gamete inactivation and gonialcell killing". *Rad. and RI. Appl. to Ins. of Agric. Imp. I.A.E.A., VIENA*, 367-383, 1963.
77. WEIDHAAS, D. E. "Research on radiation in insect control". *RI. and Rad. in Ent. I.A.E.A., VIENA*, 1962.