

Efectos de la citarabina, el ftorafur y la radiación gamma sobre la fecundidad, fertilidad y longevidad de *Ceratitits capitata* Wied. (Diptera: Trypetidae)

R. BURGOS y M. MUÑIZ

Se han realizado experimentos para estudiar los efectos de los antimetabolitos citarabina y ftorafur y de la radiación gamma sobre la fecundidad, fertilidad y longevidad de *Ceratitits capitata* Wied. De los resultados obtenidos se deduce que la acción conjunta de estos agentes produce un posible efecto sinérgico sobre la reducción de la fertilidad de este insecto y no altera la longevidad de los machos y las hembras.

En este trabajo se considera importante estudiar la competitividad de los machos procedentes de larvas criadas con una dieta que incluya citarabina (15 ppm) y sean posteriormente irradiados con radiación gamma (50-100 Gy) 2 días antes de la emergencia.

R. BURGOS y M. MUÑIZ. Centro de Ciencias Medioambientales (CSIC). C/ Serrano, 115. Dpto. 28006 Madrid.

Palabras clave: *Ceratitits capitata*, citarabina, ftorafur, radiación gamma, fecundidad, fertilidad, longevidad.

INTRODUCCION

En los estudios dirigidos al control de insectos con quimioesterilizantes se han descrito efectos importantes de ciertos antimetabolitos púricos y pirimidínicos sobre su actividad reproductora: Inhibición del desarrollo de ovarios y degeneración de tejidos germinales con 5-fluoruracilo (LABRECQUE *et al.*, 1960; KILGORE y PAINTER, 1962, 1966; PAINTER y KILGORE, 1964; KILGORE, 1967; MUÑIZ y BURGOS, 1982), inhibición de la tasa de fecundidad con ese mismo compuesto (CRYSTAL, 1963), efectos similares con análogos de bases nitrogenadas de ácidos nucleicos (CASSIDY y GROSCH, 1973; GROSCH, 1975), inhibición de la oviposición con 5-bromouracilo (Revisión de LABRECQUE *et al.*, 1960), etc.

Con radiaciones ionizantes, la bibliografía

es muy extensa e incluye numerosos trabajos dedicados especialmente a la determinación de dosis esterilizantes y subesterilizantes, los efectos sobre la calidad y competitividad de los individuos tratados y su aplicación con la técnica de machos estériles. Sin embargo, no son abundantes las referencias a la acción sinérgica de quimioesterilizantes y radiaciones (GUERRA, 1972, 1975; GUERRA *et al.*, 1971) y no existe ninguna sobre la utilización conjunta de la citarabina, el ftorafur y la radiación gamma en programas de lucha contra *Ceratitits capitata*.

Por ello, y de acuerdo con las conclusiones obtenidas en un trabajo anterior (BURGOS y MUNIZ, 1992), se considera de interés estudiar los efectos que ejercen estos agentes sobre la reproducción y longevidad de esta especie.



Fig. 1.—Batería de cajas de ensayo para estudiar la actividad reproductora con parejas aisladas.



Fig. 2.—Tapadera de las cajas de ensayo con huevos en su interior.

MATERIAL Y METODOS

Los adultos de *Ceratitis capitata* Wied. se extrajeron de las jaulas de cría y se introdujeron en cajas especialmente diseñadas para el estudio de la actividad reproductora a razón de una pareja por caja (MUÑIZ, 1984); para ello se capturaron con ayuda de un vial al que se acopló un cartucho de papel negro y se dejó que los adultos pasaran al interior aprovechando su fototropismo positivo. Posteriormente se trasladaron las cajas a una cámara climática con temperatura de 25 ± 1 °C, humedad relativa del 65 ± 5 % y fotoperíodo de 12 horas con intensidad luminosa de 2.000 lux (Figs. 1 y 2).

En cada pareja el macho y la hembra procedían, en unos casos, de larvas desarrolladas en dietas conteniendo los agentes químicos a dosis de 6, 8, 10, 15 y 20 ppm para citarabina y de 10, 15, 20 y 50 ppm para ftorafur, y en otros se cruzaban esas mismas hembras con machos de igual procedencia e irradiados con 50 Gy de radiación gamma (1 Gy = 100 rads) en fase de pupa, 2 días antes de la emergencia, con una fuente de ^{60}Co instalada en la finca «El Encín» (Guadalajara) perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. Se aplicó esta dosis solamente a los machos porque en las hembras produce esterilidad total (CAVALLORO y DELRÍO, 1970-71) e interesaba conocer la posible existencia de un efecto sinérgico en estos últimos cruces, procediendo ambos sexos de larvas desarrolladas en dietas conteniendo los agentes químicos a las dosis mencionadas.

Diariamente se recogían los huevos puestos por cada hembra (Fig. 2) y se dejaban incubar para analizar la evolución de la fecundidad con su edad, y posteriormente la variación de la fertilidad.

Los parámetros que se han determinado, referidos siempre a una hembra media, han sido: Período de prepuesta (tiempo transcurrido desde la emergencia de los adultos hasta el inicio de la puesta), fecundidad diaria (número de huevos puestos cada día por las hembras a lo largo de su vida), fecundi-

dad total (número de huevos totales puestos por las hembras a lo largo de su vida), período de fecundidad (tiempo durante el cual ponen huevos las hembras), fertilidad diaria (número de larvas obtenidas diariamente a lo largo de la vida de las hembras), fertilidad total (número de larvas totales obtenidas a lo largo de la vida de las hembras), eclosión diaria (cociente entre la fertilidad y la fecundidad diarias), eclosión total (cociente entre la fertilidad y la fecundidad totales), período de fertilidad (tiempo durante el cual se produce eclosión de huevos) y longevidad (número de días transcurridos desde la emergencia del adulto hasta su muerte).

La nomenclatura utilizada y los análisis estadísticos se corresponden con los realizados en un trabajo anterior (BURGOS y MUÑIZ, 1992). Para las poblaciones en que los machos han sido irradiados se añade R a las poblaciones sin irradiar.

RESULTADOS Y DISCUSION

Fecundidad

Al comparar los resultados obtenidos para el período de prepuesta en los tratamientos con citarabina y ftorafur sin irradiar e irradiados se ha tenido en cuenta la ausencia de significación estadística para las dosis de ftorafur en uno y otro caso, de tal forma que al realizar el análisis correspondiente se han considerado los siguientes valores: FT: $3,213 \pm 0,077$ (n = 61); FT-R: $3,936 \pm 0,090$ (n = 47). Con la citarabina a 20 ppm y con ftorafur a todas las dosis se produce un retraso significativo de ese período (Cuadro 1).

El análisis de varianza, en el que se ha descompuesto la fuente de variación entre grupos en sus correspondientes factores, arroja una elevada significación estadística entre los tratamientos sin irradiar y los irradiados, de igual forma que en C y C-R y en CT y CT-R, con valores más bajos en las poblaciones con machos sin irradiar.

Cuadro 1.—Influencia de la citarabina, florafur y radiación gamma sobre la fecundidad de *C. capitata*

| Población estudiada | Valores medios \pm errores estándar | | | | | | | | | | | |
|---------------------|---------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| | Período de prepueta | | | | | Fecundidad diaria | | | | | Fecundidad total | |
| | Sin irradiar | Irradiadas | Sin irradiar | Irradiadas | Sin irradiar | Irradiadas | Sin irradiar | Irradiadas | Sin irradiar | Irradiadas | Sin irradiar | Irradiadas |
| Control | 2,88 \pm 0,11 a (n = 24) | 3,50 \pm 0,12 a (n = 18) | 47,78 \pm 5,09 ac (n = 40) | 45,72 \pm 4,38 a (n = 43) | 1,856,04 \pm 58,11 a (n = 24) | 1,817,83 \pm 103,90 a (n = 18) | 2,85 \pm 0,14 a (n = 13) | 3,71 \pm 0,13 ab (n = 14) | 35,26 \pm 4,35 a (n = 49) | 48,41 \pm 4,89 a (n = 34) | 1,627,54 \pm 113,83 ac (n = 13) | 1,579,14 \pm 128,93 abc (n = 14) |
| CT-6 | 3,13 \pm 0,09 ab (n = 15) | 4,18 \pm 0,33 bc (n = 11) | 42,35 \pm 4,78 ac (n = 40) | 47,74 \pm 4,59 a (n = 35) | 1,606,13 \pm 90,04 bc (n = 15) | 1,654,73 \pm 107,06 ab (n = 11) | 2,87 \pm 0,13 ac (n = 15) | 4,36 \pm 0,24 cd (n = 11) | 35,74 \pm 4,25 a (n = 51) | 44,42 \pm 3,98 a (n = 39) | 1,686,87 \pm 108,47 a (n = 15) | 1,649,18 \pm 109,83 ab (n = 11) |
| CT-8 | 2,93 \pm 0,07 ac (n = 15) | 4,58 \pm 0,21 d (n = 12) | 37,77 \pm 3,47 ab (n = 45) | 41,27 \pm 4,55 a (n = 41) | 1,643,47 \pm 90,77 bc (n = 15) | 1,662,67 \pm 113,20 ab (n = 12) | 3,45 \pm 0,16 b (n = 11) | 3,90 \pm 0,23 ac (n = 10) | 38,90 \pm 3,61 ab (n = 38) | 29,76 \pm 3,12 b (n = 49) | 1,472,55 \pm 76,80 bc (n = 11) | 1,385,60 \pm 63,47 bcd (n = 10) |
| FT-10 | 3,31 \pm 0,16 bd (n = 16) | 3,73 \pm 0,20 ac (n = 11) | 39,65 \pm 4,10 ac (n = 49) | 42,59 \pm 3,76 a (n = 38) | 1,686,69 \pm 123,30 ab (n = 16) | 1,471,00 \pm 106,86 bc (n = 11) | 3,00 \pm 0,13 ad (n = 15) | 4,09 \pm 0,22 bcd (n = 11) | 49,61 \pm 5,27 bc (n = 39) | 43,83 \pm 4,68 a (n = 35) | 1,735,20 \pm 105,49 ab (n = 15) | 1,242,09 \pm 124,95 c (n = 11) |
| FT-15 | 3,25 \pm 0,15 bc (n = 16) | 3,82 \pm 0,12 ac (n = 11) | 44,48 \pm 4,50 a (n = 39) | 37,71 \pm 4,15 ab (n = 37) | 1,663,31 \pm 81,08 ab (n = 16) | 1,327,00 \pm 108,70 cd (n = 11) | 3,29 \pm 0,18 bc (n = 14) | 4,07 \pm 0,16 bcd (n = 14) | 50,76 \pm 4,38 c (n = 35) | 38,09 \pm 3,96 ab (n = 39) | 1,685,07 \pm 95,10 ab (n = 14) | 1,466,71 \pm 54,20 bc (n = 14) |

Los valores de medias seguidos por la misma letra, para cada columna en ambos tratamientos no difieren significativamente al nivel de probabilidad del 95 %, según el test de la *t* de Student.

Cuadro 2.—Parámetros de la función potencial-exponencial $Y = A e^{Bx} X^c$ para diferentes poblaciones de *C. capitata* ajustada con los valores observados de fecundidad y fertilidad media diaria por hembra

| Población estudiada | Fecundidad | | | | | | Fertilidad | | | | | |
|---------------------|------------|---------|--------|------------|-----------|------|------------|---------|--------|------------|-----------|------|
| | A | B | C | χ^2 | r^2 | G.L. | A | B | C | χ^2 | r^2 | G.L. |
| Control | 17,4673 | -0,1375 | 1,3269 | 19,080 | 0,981 *** | 39 | 2,7546 | -0,2094 | 2,4158 | 18,141 | 0,988 *** | 38 |
| CT-6 | 14,9136 | -0,1502 | 1,4144 | 14,418 | 0,987 *** | 48 | 19,4174 | -0,1393 | 1,2117 | 21,623 | 0,947 *** | 45 |
| CT-8 | 8,0553 | -0,1625 | 0,1730 | 27,341 | 0,961 *** | 39 | 1,5750 | -0,2196 | 2,6191 | 22,023 | 0,971 *** | 39 |
| CT-10 | 16,3168 | -0,1315 | 1,2878 | 11,877 | 0,991 *** | 50 | 4,7061 | -0,1726 | 1,9834 | 3,302 | 0,996 *** | 43 |
| CT-15 | 8,1347 | -0,1183 | 1,4320 | 34,750 | 0,938 *** | 44 | 1,7185 | -0,1723 | 2,2663 | 30,263 | 0,947 *** | 38 |
| CT-20 | 0,6992 | -0,2357 | 0,3063 | 52,645 * | 0,716 *** | 37 | 0,1308 | -0,2698 | 3,7605 | 24,404 | 0,905 *** | 35 |
| FT-10 | 15,5873 | -0,1236 | 1,2703 | 13,862 | 0,985 *** | 48 | 2,1528 | -0,2047 | 2,4553 | 9,079 | 0,989 *** | 48 |
| FT-15 | 10,7350 | -0,1578 | 1,6408 | 22,720 | 0,985 *** | 38 | 0,8509 | -0,2622 | 3,1625 | 9,277 | 0,986 *** | 30 |
| FT-20 | 12,2018 | -0,1382 | 1,4316 | 38,074 | 0,961 *** | 38 | 1,8405 | -0,2033 | 2,4960 | 17,669 | 0,979 *** | 37 |
| FT-50 | 0,3345 | -0,2554 | 3,5045 | 69,978 *** | 0,708 *** | 34 | 0,0024 | -0,3666 | 5,9175 | 88,437 *** | 0,680 *** | 34 |
| Control | 23,6408 | -0,1064 | 1,0502 | 34,048 | 0,959 *** | 42 | 0,8148 | -0,1981 | 1,8251 | 0,988 | 0,979 *** | 33 |
| CT-6 | 19,8223 | -0,1405 | 1,2480 | 23,619 | 0,955 *** | 33 | 0,0398 | -0,3451 | 3,6875 | 1,132 | 0,972 *** | 27 |
| CT-8 | 10,0381 | -0,1484 | 1,5601 | 33,504 | 0,925 *** | 34 | 0,0296 | -0,3218 | 3,5544 | 1,304 | 0,942 *** | 24 |
| CT-10 | 12,6531 | -0,1252 | 1,3293 | 22,261 | 0,912 *** | 38 | 0,0584 | -0,2580 | 2,9080 | 3,262 | 0,672 *** | 24 |
| CT-15 | 7,8897 | -0,1569 | 1,6997 | 24,317 | 0,945 *** | 40 | 0,0019 | -0,4630 | 5,0620 | 0,730 | 0,854 *** | 21 |
| CT-20 | 13,4966 | -0,1186 | 1,1858 | 17,331 | 0,962 *** | 48 | 1,4708 | -0,1682 | 0,9325 | 0,588 | 0,908 *** | 20 |
| FT-10 | 31,4933 | -0,0974 | 0,7890 | 13,223 | 0,959 *** | 37 | 1,6054 | -0,2240 | 1,3894 | 0,620 | 0,968 *** | 21 |
| FT-15 | 17,4499 | -0,1438 | 1,2898 | 28,273 | 0,951 *** | 34 | 1,2407 | -0,2038 | 1,4320 | 1,368 | 0,929 *** | 22 |
| FT-20 | 24,5309 | -0,1254 | 1,0074 | 33,413 | 0,943 *** | 36 | 0,4766 | -0,3136 | 2,2875 | 0,812 | 0,944 *** | 22 |
| FT-50 | 8,3550 | -0,1482 | 1,5790 | 16,504 | 0,953 *** | 36 | 0,0018 | -0,4920 | 5,3479 | 0,484 | 0,959 *** | 20 |

* Significativo al nivel de probabilidad del 95 %.
 *** Ídem al nivel del 99,9 %.

En general no existen diferencias significativas para la fecundidad diaria en todas las poblaciones sin irradiar, con valores más altos en la de hembras procedentes de larvas criadas con ftorafur a igualdad de dosis (Cuadro 1). Los resultados obtenidos se han ajustado a funciones del tipo potencial-exponencial (MUÑIZ y GIL, 1984) cuyos parámetros se indican en el cuadro 2; sólo se han obtenido valores significativos de χ^2 en los tratamientos con ambos productos a las máximas dosis; en todos los casos, el valor del coeficiente de determinación indica un buen grado de ajuste de los datos observados a dichas funciones.

Los valores de fecundidad total son más elevados en la población control, pero sólo se ha encontrado significación estadística con citarabina a dosis de 8, 15 y 20 ppm. Solamente cuando se incluye este producto en la dieta larvaria a esta última dosis se produce una inhibición clara de la fecundidad.

En cuanto a la variación del período de fecundidad en función de ambos principios activos, se han observado variaciones significativas de este período reproductivo en estudios con otros insectos, atribuyéndose estos efectos a una inhibición funcional de forma gradual y en relación directa con la acumulación del compuesto (GELBIC *et al.*, 1984). Sin embargo, los valores del cuadro 3 muestran que este período no se altera por la inclusión de citarabina o ftorafur en la dieta larvaria ni por el tratamiento posterior de los machos con radiación gamma.

La fecundidad diaria y total de las hembras sometidas a la acción de los agentes químicos y cruzadas con machos de la misma procedencia e irradiados con 50 Gy se expresan también en el cuadro 1, donde se observa que la dosis de 20 ppm de citarabina provoca una reducción importante del número de huevos diarios por hembra respecto al control y a las dosis inferiores de este compuesto, mientras que con ftorafur no se observan efectos significativos.

En la bibliografía consultada existen resultados contradictorios sobre la reducción

de la fecundidad de las hembras que copulan con machos irradiados. En unos casos no se han encontrado estos efectos (HOOPER, 1971; KATIYAR, 1962; KATIYAR y VALERIO, 1964; FERON, 1966) y en otro sí (STEINER y CHRISTENSON, 1956; ARROYO *et al.*, 1965; GUERRA, 1975; EL-GAZZAR y DAME, 1983). Nuestros resultados están más de acuerdo con los primeros autores, aunque se ha obtenido una tendencia a la reducción de las medias correspondientes.

Los valores más bajos del máximo número diario de huevos observados por hembra se han obtenido con citarabina a 20 ppm y se ha producido un adelanto notable en el día de máxima puesta en algunas de las poblaciones con machos irradiados respecto a las que no los tienen, que llega a ser de 3 días para la dosis 20 ppm de citarabina (Cuadro 3).

Fertilidad (número de larvas)

El número diario de larvas por hembra de la población control no difiere, en general, del obtenido para todas las poblaciones procedentes de larvas criadas con dietas que contienen los agentes químicos, mientras que el número total es significativamente más bajo en CT-15 y CT-20, con una reducción del 20 % y del 29 % respectivamente (Cuadro 4). El tratamiento con radiación gamma de los machos provoca una disminución drástica de la fertilidad en la población control (93 %), que se acentúa en las poblaciones originadas a partir de larvas desarrolladas con dietas que contienen citarabina o ftorafur, llegando a ser del 98 % a dosis de 15 y 20 ppm con el primer compuesto y a 50 ppm con el segundo. Si se toma como referencia el control irradiado, la disminución para CT-15R y CT-20R es del orden del 75 %, mientras que con FT-50R la inhibición de la fertilidad es próxima al 70 % (Cuadro 4).

Los datos del número de larvas por hembra y día se han ajustado a funciones del tipo potencial-exponencial (MUÑIZ y

Cuadro 3.—Influencia de la citarabina, ftorafur y radiación gamma sobre la fecundidad de *C. capitata*

| Población estudiada | Día de máxima fecundidad | | Fecundidad diaria máxima | | Período de fecundidad | |
|---------------------|--------------------------|------------|--------------------------|------------|------------------------------|------------------------------|
| | Sin irradiar | Irradiadas | Sin irradiar | Irradiadas | Sin irradiar | Irradiadas |
| Control | 8 | 9 | 91,50 | 86,06 | 30,833 ± 1,122 a (n = 24) | 29,667 ± 1,653 a (n = 18) |
| CT- 6 | 9 | 9 | 89,00 | 91,00 | 28,692 ± 2,384 a (n = 13) | 27,000 ± 1,562 a (n = 14) |
| CT-8 | 10 | 9 | 82,27 | 87,27 | 27,733 ± 1,587 a (n = 15) | 30,364 ± 1,185 a (n = 11) |
| CT-10 | 10 | 8 | 87,40 | 86,82 | 32,133 ± 2,791 a (n = 15) | 31,636 ± 1,448 a (n = 11) |
| CT-15 | 6 | 9 | 67,67 | 80,67 | 34,533 ± 1,441 a (n = 15) | 30,083 ± 1,631 a (n = 12) |
| CT-20 | 11 | 6 | 66,82 | 64,70 | 31,000 ± 1,062 a (n = 11) | 33,300 ± 2,552 a (n = 10) |
| FT-10 | 11 | 7 | 87,38 | 83,09 | 29,500 ± 2,641 a (n = 16) | 30,364 ± 3,040 a (n = 11) |
| FT-15 | 10 | 7 | 99,47 | 83,82 | 27,267 ± 2,101 a (n = 15) | 22,818 ± 3,199 a (n = 11) |
| FT-20 | 10 | 8 | 83,81 | 77,18 | 29,813 ± 1,093 a (n = 16) | 30,455 ± 2,425 a (n = 11) |
| FT-50 | 10 | 9 | 88,21 | 74,79 | 29,413 ± 1,195 a (n = 14) | 30,357 ± 1,525 a (n = 14) |

Los valores de medias seguidos por la misma letra, para cada columna en ambos tratamientos, no difieren significativamente al nivel de probabilidad del 95 %, según el test de la *t* de Student.

Fecundidad diaria máxima: número de huevos por hembra y día.

Período de fecundidad (días): Valores medios ± errores estándar.

GIL, 1984), cuyos parámetros se indican en el cuadro 2. Los estadísticos correspondientes indican un buen grado de ajuste en todos los casos, por lo que estas expresiones explican bien la evolución diaria de la fertilidad en todas las poblaciones estudiadas.

Los valores más bajos del máximo número diario de larvas por hembra en las poblaciones sin irradiar se han obtenido para CT-15 y CT-20, originándose en el primer caso un adelantamiento notable del día en que se produce dicho máximo.

Cuando se irradian los machos se observa que en los tratamientos con citarabina existe una relación inversa entre las dosis aplicadas y la máxima fertilidad media dia-

ria, pero no con ftorafur, que prácticamente se mantiene constante (Cuadro 5).

La citarabina y el ftorafur producen una alta sensibilización del insecto a la radiación, con reducciones más elevadas en el primer caso a igualdad de dosis.

Si se determinan los porcentajes de reducción de la fertilidad respecto a los controles respectivos en los tratamientos con ambos compuestos y con radiación gamma conjuntamente, expresada como número total de larvas por hembra, se observa que la citarabina y el ftorafur producen una alta sensibilización del insecto a la radiación con reducciones más elevadas en el primer caso a igualdad de dosis, que llega a ser del 77 % en CT-15:

Cuadro 4.—Influencia de la citarabina, fluorafur y radiación gamma sobre la fertilidad de *C. capitata*

| Población estudiada | Valores medios \pm errores estándar | | | | | | | | | |
|---------------------|---------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|--------------|------------|------------------|------------|
| | Período de preferibilidad | | | | Fertilidad diaria | | | | Fertilidad total | |
| | Sin irradiar | Irradiadas | Sin irradiar | Irradiadas | Sin irradiar | Irradiadas | Sin irradiar | Irradiadas | Sin irradiar | Irradiadas |
| Control | 4,92 \pm 0,10 a (n = 24) | 4,83 \pm 0,19 a (n = 18) | 39,62 \pm 5,27 ab (n = 40) | 2,71 \pm 0,43 a (n = 43) | 1.563,29 \pm 54,81 a (n = 24) | 114,17 \pm 8,24 a (n = 18) | | | | |
| CT-6 | 5,15 \pm 0,29 a (n = 13) | 5,07 \pm 0,22 ab (n = 14) | 30,67 \pm 4,31 ab (n = 49) | 2,40 \pm 0,40 ac (n = 34) | 1.440,46 \pm 106,04 a (n = 13) | 80,00 \pm 8,79 b (n = 14) | | | | |
| CT-8 | 5,13 \pm 0,19 a (n = 15) | 5,73 \pm 0,32 bd (n = 11) | 36,78 \pm 4,75 ab (n = 40) | 1,70 \pm 0,28 abc (n = 35) | 1.417,80 \pm 73,19 a (n = 15) | 59,36 \pm 9,45 bc (n = 11) | | | | |
| CT-10 | 4,87 \pm 0,19 a (n = 15) | 5,82 \pm 0,32 bd (n = 11) | 31,45 \pm 4,19 ab (n = 51) | 1,41 \pm 0,25 be (n = 39) | 1.510,00 \pm 99,63 a (n = 15) | 53,55 \pm 9,61 bc (n = 11) | | | | |
| CT-15 | 5,60 \pm 0,26 b (n = 15) | 6,50 \pm 0,30 d (n = 12) | 28,16 \pm 3,45 a (n = 45) | 0,63 \pm 0,13 d (n = 41) | 1.254,33 \pm 94,14 b (n = 15) | 25,83 \pm 3,41 d (n = 12) | | | | |
| CT-20 | 5,55 \pm 0,22 b (n = 11) | 5,60 \pm 0,33 bd (n = 10) | 29,19 \pm 3,45 a (n = 38) | 0,63 \pm 0,13 d (n = 49) | 1.104,91 \pm 94,95 b (n = 11) | 30,80 \pm 4,07 d (n = 10) | | | | |
| FT-10 | 5,38 \pm 0,26 a (n = 16) | 5,00 \pm 0,27 ab (n = 11) | 31,12 \pm 4,32 ab (n = 49) | 1,37 \pm 0,28 be (n = 38) | 1.405,63 \pm 111,56 ab (n = 16) | 50,09 \pm 6,95 ce (n = 11) | | | | |
| FT-15 | 5,33 \pm 0,23 a (n = 15) | 5,45 \pm 0,31 ab (n = 11) | 39,73 \pm 5,63 ab (n = 39) | 1,63 \pm 0,30 bc (n = 35) | 1.445,47 \pm 106,21 ab (n = 15) | 50,64 \pm 3,83 c (n = 11) | | | | |
| FT-20 | 5,63 \pm 0,27 b (n = 16) | 4,91 \pm 0,16 ac (n = 11) | 37,73 \pm 4,57 ab (n = 39) | 1,26 \pm 0,26 bf (n = 37) | 1.430,94 \pm 75,34 ab (n = 16) | 45,82 \pm 5,53 ce (n = 11) | | | | |
| FT-50 | 6,14 \pm 0,20 b (n = 14) | 5,79 \pm 0,21 cd (n = 14) | 43,13 \pm 4,66 b (n = 35) | 0,86 \pm 0,18 def (n = 39) | 1.452,50 \pm 95,61 ab (n = 14) | 33,36 \pm 4,76 de (n = 14) | | | | |

Los valores de medias seguidos por la misma letra, para cada columna en ambos tratamientos no difieren significativamente al nivel de probabilidad del 95 %, según el test de la *t* de Student.

| Tratamiento | Reducción (%) | |
|-------------|--------------------|-----------------|
| | Macho sin irradiar | Macho irradiado |
| CT-6 | 7,86 | 29,93 |
| CT-8 | 9,31 | 48,00 |
| CT-10 | 3,41 | 53,10 |
| CT-15 | 19,76 | 77,37 |
| CT-20 | 29,32 | 73,02 |
| FT-10 | 10,09 | 56,12 |
| FT-15 | 7,54 | 55,65 |
| FT-20 | 8,47 | 59,87 |
| FT-50 | 7,09 | 70,78 |

Fertilidad (eclosión de huevos)

En cuanto a los porcentajes de reducción de la eclosión total respecto al control irradiado se ha obtenido también el valor más alto en CT-15R (75 %), de acuerdo con los valores obtenidos por GUERRA *et al.* aplicando reserpina a dosis del 0,1 % y 0,2 % en la dieta larvaria de *H. virescens* y, posteriormente, radiación gamma a 7,5 Krads, así como con otros estudios con β -sitosterol, imidazol, dicumarol, sulfanilamida y diferentes dosis subesterilizantes de la radiación, obteniendo machos más competitivos que si se aplicaba un tratamiento esterilizante (GUERRA, 1975; GUERRA *et al.*, 1971):

| Tratamiento | Reducción (%) |
|-------------|---------------|
| CT-6R | 18,57 |
| CT-8R | 47,20 |
| CT-10R | 51,93 |
| CT-15R | 75,48 |
| CT-20R | 65,66 |
| FT-10R | 49,73 |
| FT-15R | 29,04 |
| FT-20R | 46,74 |
| FT-50R | 66,54 |

Sin embargo, EL-GAZZAR y DAME observaron que los machos de *C. quinquefasciatus* presentaban una competitividad del 96 % si eran esterilizados con bisazir, del

26 % si lo eran con radiación gamma (8 Krads) y del 15 % si se aplicaban ambos tratamientos conjuntamente (EL-GAZZAR y DAME, 1983).

No existe correlación entre las dosis aplicadas y los valores obtenidos para la eclosión de los huevos; incluso en algunos casos, esos valores superan a los del control; sin embargo, el tratamiento posterior de los machos con radiación gamma a 50 Gy provoca niveles de esterilidad próximos al 97 % en los cruces de hembras sin tratar con machos irradiados si se toma como referencia la eclosión media diaria y al 94 % si se tiene en cuenta la total, de acuerdo con CAVALLORO y DELRÍO (1970-71); en el tratamiento con citarabina a 15 y 20 ppm la esterilidad supera el 99 % en el primer caso y es próxima al 98 % en el segundo, mientras que con ftorafur es próxima al 98 % con 10, 15 y 20 ppm y sólo se consigue el 99 % a dosis de 50 ppm (Cuadro 6).

Análogamente a lo comentado con el número total de larvas por hembra, la máxima reducción de la eclosión se ha obtenido cuando se incluye citarabina en la dieta larvaria a 15 ppm y se irradian después los machos.

Los resultados obtenidos se han sometido a las transformaciones basadas en las distribuciones normal (análisis de «probits»), logística (análisis de «logits») y angular (análisis de «anglits») (GIL y MUÑOZ, 1978), corrigiéndose previamente la mortalidad con la fórmula de Abbott transformada:

$$Mc = \left(1 - \frac{E_{obs.}}{E_c}\right) \times 100$$

siendo Eobs, la eclosión observada y Ec, la del control.

En el ajuste de las rectas provisionales no se obtuvo significación estadística del coeficiente de correlación en los tratamientos con ftorafur, por lo que se realizaron los cálculos oportunos para obtener las rectas definitivas $y = a + bx$ con citarabina y radiación gamma, siendo y la mortalidad expresada en la unidad de probabilidad

Cuadro 5.—Influencia de la citarabina, ftorafur y radiación gamma sobre la fertilidad de *C. capitata*

| Población estudiada | Día de máxima fertilidad | | Fertilidad diaria máxima | | Período de fertilidad | |
|---------------------|--------------------------|------------|--------------------------|------------|------------------------------|------------------------------|
| | Sin irradiar | Irradiadas | Sin irradiar | Irradiadas | Sin irradiar | Irradiadas |
| Control | 9 | 8 | 88,67 | 7,94 | 26,500 ± 1,128 a (n = 24) | 23,444 ± 1,106 a (n = 18) |
| CT-6 | 9 | 10 | 90,92 | 6,29 | 24,308 ± 2,422 a (n = 13) | 17,429 ± 1,478 b (n = 14) |
| CT-8 | 10 | 13 | 80,67 | 5,00 | 24,214 ± 1,563 a (n = 15) | 15,455 ± 1,296 b (n = 11) |
| CT-10 | 12 | 10 | 85,60 | 4,09 | 28,467 ± 2,315 a (n = 15) | 17,727 ± 1,028 b (n = 11) |
| CT-15 | 8 | 10 | 60,53 | 2,67 | 27,333 ± 1,585 a (n = 15) | 14,400 ± 0,759 b (n = 12) |
| CT-20 | 10 | 6 | 64,45 | 3,00 | 23,455 ± 2,372 a (n = 11) | 15,800 ± 0,854 b (n = 10) |
| FT-10 | 13 | 6 | 82,75 | 5,18 | 24,813 ± 2,431 a (n = 16) | 14,634 ± 1,860 b (n = 11) |
| FT-15 | 12 | 9 | 95,33 | 5,55 | 21,067 ± 1,535 a (n = 15) | 14,000 ± 1,651 b (n = 11) |
| FT-20 | 12 | 8 | 81,69 | 5,45 | 26,500 ± 1,218 a (n = 16) | 14,455 ± 1,856 b (n = 11) |
| FT-50 | 12 | 11 | 85,29 | 3,00 | 26,413 ± 1,346 a (n = 14) | 11,714 ± 1,008 c (n = 14) |

Los valores de medias seguidos por la misma letra, para cada columna en ambos tratamientos, no difieren significativamente al nivel de probabilidad del 95 %, según el test de la *t* de Student.

Fertilidad diaria máxima: número de larvas por hembra y día.

Período de fertilidad (días): Valores medios ± errores estándar.

correspondiente y x la dosis logarítmica.

Los parámetros obtenidos han sido los siguientes:

| Unidad de probabil. | a | b | r | t |
|---------------------|--------|--------|--------|----------|
| «Probits» | 5,9740 | 0,8812 | 0,9254 | 4,2283 * |
| «Logits» | 5,7433 | 1,1456 | 0,9272 | 3,7762 * |
| «Anglits» | 6,2689 | 0,4986 | 0,8262 | 3,7762 * |

* Significativo al nivel de probabilidad del 95 % ($p < 0,05$).

En las poblaciones en que los machos no han sido irradiados no se ha obtenido variación en el período de fertilidad, con valores próximos a 25 días. La irradiación

posterior de los machos con radiación gamma en las poblaciones previamente tratadas con los agentes químicos provoca un acortamiento significativo de este período independientemente del producto utilizado (Cuadro 5).

Longevidad

Los resultados obtenidos para todas las poblaciones indican que, tanto en el control como en los tratamientos con los agentes químicos, los machos viven significativamente más que las hembras. La longevidad de aquéllos es estadísticamente igual en todos los casos y la de las hembras disminuye significativamente respecto al control si se

Cuadro 6.—Influencia de la citarabina, ftorafur y radiación gamma sobre la eclosión de huevos en *C. capitata*

| Población estudiada | Eclosión media diaria | | | | | | Eclosión total | | | | | |
|---------------------|-----------------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | Sin irradiar | | | Irradiadas | | | Sin irradiar | | | Irradiadas | | |
| | X _i | L _s | L _i | X _i | L _s | L _i | X _i | L _s | L _i | X _i | L _s | L _i |
| Control | 67,470 bc | 77,191 (n = 40) | 54,811 | 2,867 a | 4,105 (n = 43) | 1,846 | 85,463 ad | 89,029 (n = 24) | 81,490 | 6,252 a | 7,032 (n = 18) | 5,515 |
| CT-6 | 74,809 abd | 82,653 (n = 49) | 66,049 | 2,504 ab | 3,727 (n = 34) | 1,518 | 89,833 ab | 93,815 (n = 13) | 84,998 | 5,091 b | 5,998 (n = 14) | 4,225 |
| CT-8 | 77,251 abd | 94,290 (n = 40) | 69,339 | 1,589 ac | 2,529 (n = 35) | 0,864 | 89,565 ab | 92,648 (n = 15) | 86,015 | 3,301 c | 4,797 (n = 11) | 2,076 |
| CT-10 | 69,721 abcd | 80,038 (n = 51) | 58,282 | 1,302 bcdf | 2,143 (n = 39) | 0,668 | 91,313 b | 94,998 (n = 15) | 86,735 | 3,005 c | 4,112 (n = 11) | 2,067 |
| CT-15 | 53,763 c | 66,302 (n = 45) | 40,977 | 0,435 e | 0,767 (n = 41) | 0,195 | 76,770 c | 83,701 (n = 15) | 69,025 | 1,533 de | 2,101 (n = 12) | 1,053 |
| CT-20 | 65,764 ac | 79,324 (n = 38) | 50,739 | 0,458 e | 0,847 (n = 49) | 0,187 | 76,814 cd | 86,894 (n = 11) | 64,887 | 2,147 cd | 2,951 (n = 10) | 1,468 |
| FT-10 | 59,402 c | 74,686 (n = 49) | 43,121 | 1,164 cd | 1,990 (n = 38) | 0,556 | 83,664 a | 88,413 (n = 16) | 78,280 | 3,143 cf | 4,969 (n = 11) | 1,723 |
| FT-15 | 50,865 c | 67,680 (n = 39) | 33,947 | 1,468 bcd | 2,418 (n = 35) | 0,751 | 84,479 a | 90,206 (n = 15) | 77,719 | 4,437 bf | 6,076 (n = 11) | 3,044 |
| FT-20 | 81,200 d | 87,485 (n = 39) | 73,975 | 1,174 cd | 1,968 (n = 37) | 0,582 | 87,380 a | 91,630 (n = 16) | 82,405 | 3,330 f | 4,306 (n = 11) | 2,476 |
| FT-50 | 79,201 d | 85,388 (n = 35) | 72,243 | 0,650 ef | 1,179 (n = 39) | 0,276 | 86,378 a | 89,628 (n = 14) | 82,763 | 2,092 d | 2,786 (n = 14) | 1,495 |

Los valores de medias seguidos por la misma letra, para cada principio activo, no difieren significativamente al nivel de probabilidad del 95 %, según el test de t de Student. Los valores corresponden a los datos en arco seno retransformados a porcentajes (L_s = Límite superior y L_i = Límite inferior de confianza al 95 %).

Cuadro 7.—Influencia de la citarabina, ftorafur y radiación gamma sobre la longevidad de *C. capitata* (valores medios \pm errores estándar)

| Población estudiada | Longevidad (días) | | | |
|---------------------|------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|
| | Sin irradiar | | Irradiadas | |
| | Machos | Hembras | Machos | Hembras |
| Control | 84,125 \pm 7,276 a (n = 24) | 39,417 \pm 1,520 b (n = 24) | 61,222 \pm 7,544 a (n = 18) | 38,167 \pm 2,329 b (n = 18) |
| CT-6 | 104,154 \pm 12,089 a (n = 13) | 43,615 \pm 5,700 bc (n = 13) | 76,143 \pm 9,625 ac (n = 14) | 39,500 \pm 2,653 b (n = 14) |
| CT-8 | 104,467 \pm 11,877 a (n = 15) | 35,667 \pm 1,851 bc (n = 15) | 85,636 \pm 10,351 ac (n = 11) | 39,273 \pm 2,137 b (n = 11) |
| CT-10 | 102,267 \pm 11,708 a (n = 15) | 43,200 \pm 3,920 bc (n = 15) | 59,000 \pm 10,441 ac (n = 11) | 38,273 \pm 2,014 b (n = 11) |
| CT-15 | 92,600 \pm 11,629 a (n = 15) | 44,200 \pm 2,387 b (n = 15) | 91,250 \pm 13,919 c (n = 12) | 41,883 \pm 2,117 b (n = 12) |
| CT-20 | 107,545 \pm 11,055 a (n = 11) | 49,545 \pm 7,902 bc (n = 11) | 91,900 \pm 8,820 c (n = 10) | 46,000 \pm 3,955 b (n = 10) |
| FT-10 | 100,125 \pm 9,637 a (n = 16) | 38,063 \pm 3,246 b (n = 16) | 72,727 \pm 12,333 ac (n = 11) | 44,273 \pm 5,053 b (n = 11) |
| FT-15 | 98,667 \pm 10,759 a (n = 15) | 33,800 \pm 2,812 c (n = 15) | 77,182 \pm 11,339 ac (n = 11) | 34,455 \pm 5,360 b (n = 11) |
| FT-20 | 73,625 \pm 12,291 a (n = 16) | 35,313 \pm 1,477 c (n = 16) | 94,455 \pm 8,294 c (n = 11) | 42,091 \pm 4,140 b (n = 11) |
| FT-50 | 80,785 \pm 10,341 a (n = 14) | 34,714 \pm 1,762 c (n = 14) | 78,000 \pm 10,805 ac (n = 14) | 44,500 \pm 2,537 b (n = 14) |

Los valores de medias seguidos por la misma letra, para ambos sexos y tratamientos no difieren significativamente al nivel de probabilidad del 95 %, según el test de la *t* de Student.

incluye en la dieta larvaria ftorafur a 15, 20 ó 50 ppm.

Cuando se irradian además las pupas, los valores de longevidad disminuyen en general respecto a la de los adultos no sometidos a este tratamiento (Cuadro 7), observándose un efecto más acusado en machos que en hembras, de acuerdo con los resultados obtenidos por otros autores (STEINER y CHRISTENSON, 1956; KEISER y SCHNEIDER, 1969; FERON, 1966; WAKID, 1973; OHINATA *et al.*, 1978).

CONCLUSIONES

De los resultados anteriores con los agentes y dosis ensayadas se deducen las siguientes conclusiones:

1. La irradiación de los machos con radiación gamma y los tratamientos conjuntos con ésta y citarabina o ftorafur dan lugar a un aumento del período de prepuesta, mayor que con los realizados por separado y más acusado en el caso de la citarabina y la radiación. En general, los agentes químicos no afectan a la fecundidad, salvo la citarabina a dosis de 20 ppm, pero la acción conjunta de estos productos y la radiación gamma provoca una tendencia a la reducción de este parámetro. La citarabina y el ftorafur, tanto aplicados aisladamente como de forma conjunta con la radiación gamma, no alteran el período de fecundidad.

2. La citarabina origina un descenso progresivo en el número de larvas por hembra, así como un retraso en el día de máxi-

ma producción larvaria, en función de la dosis de este agente. La fertilidad obtenida mediante cruces de machos irradiados y hembras sin irradiar, sufre un descenso próximo al 93 % respecto a los controles. La aplicación conjunta de citarabina, ftorafur y radiación gamma ocasiona un posible efecto sinérgico sobre la reducción de la fertilidad.

3. La citarabina y el ftorafur no ejercen ningún efecto inhibitor de la eclosión de huevos, pero ocasionan una mayor sensibilización de los adultos a la radiación gamma. La aplicación conjunta de ambos agentes produce una reducción significativa de ese parámetro, correlacionada con la dosis de los compuestos y debida posiblemente a un efecto sinérgico.

4. El tratamiento aislado o conjunto con los agentes químicos y la radiación

gamma, no produce alteraciones en la longevidad de machos y hembras, siendo la de aquéllos significativamente más alta que la de éstas en todos los casos.

5. Por todo lo anterior se considera de interés la realización de investigaciones de laboratorio y campo para determinar la competitividad de los machos procedentes de larvas desarrolladas en una dieta larvaria con citarabina (15 ppm) e irradiados en fase de pupa, 2 días antes de la emergencia, con radiación gamma (50-100 Gy).

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a D.^a Concepción González Godino su ayuda en la parte experimental de este trabajo.

ABSTRACT

BURGOS, R.; MUNIZ, M. (1992): Efectos de la citarabina, el ftorafur y la radiación gamma sobre la fecundidad, fertilidad y longevidad de *Ceratitis capitata* Wied. (Diptera: Trypetidae). *Bol. San. Veg. Plagas*, 18 (4): 827-840.

Experiments have been carried out in order to study the effects of the antimetabolites cytarabine and ftorafur and gamma radiation on fecundity, fertility and longevity of *Ceratitis capitata* Wied. From the results obtained we conclude that the joint action of these agents produces a possible synergism on decrease of fertility of this insect. Longevity of males and females was not affected by these treatments.

The importance of studying competitiveness of males originated from larvae reared with a diet including cytarabine (15 ppm) and subsequently irradiated with gamma radiation (50-100 Gy) two days before adult emergence is pointed out in this paper.

Key words: *Ceratitis capitata* Wied., cytarabine, ftorafur, gamma radiation, fecundity, fertility, longevity.

REFERENCIAS

- ARROYO, M.; JIMÉNEZ, A.; MELLADO, L.; CABALLERO, F., 1965: Aplicación de isótopos radiactivos a la investigación de métodos de lucha contra plagas. III. Obtención de «machos estériles» de *Ceratitis capitata* Wied. mediante la irradiación de sus pupas con rayos gamma. *Bol. Pat. Veg. Entomol. agric.*, Madrid, 28: 257-280.
- BURGOS, R.; MUNIZ, M., 1992: Desarrollo y comportamiento larvario de *Ceratitis capitata* Wied. (Diptera: Trypetidae) bajo la acción de los antimetabolitos citarabina y ftorafur. *Bol. San. Veg. Plagas*, 18 (3):
- CASSIDY, J. D.; GROSCH, D. S., 1973: Quantitative effects of purine analogue ingestion on reproduction of *Habrobracon juglandis*. *J. Econ. Entomol.*, 66: 319-324.
- CAVALLORO, R.; DELRÍO, G., 1970-71: Studi sulla radiosterilizzazione di *Ceratitis capitata* (Wied.) e sul comportamento dell'insetto normale e sterile. *Redia*, 52: 511-547.
- CRYSTAL, M. M., 1963: The induction of sexual sterility in the screwworm fly by antimetabolites and alkylating agents. *J. Econ. Entomol.*, 56: 468-473.
- EL-GAZZAR, L. M.; DAME, D. A., 1983: Effects of combinations of irradiation and chemosterilization

- on mating competitiveness of *Culex quinquefasciatus* Say. *J. Econ. Entomol.*, **76**: 1331-1334.
- FERON, M., 1966: Sterilisation de la Mouche Méditerranéenne des fruits *Ceratitis capitata* (Wied.) par irradiation des pupes aux rayons gamma. *Ann. Epiph.*, Paris, **17**: 229-239.
- GELBIC, I.; TONNER, M.; HOLY, A., 1984: Aphid sterility induced by antiviral agent (RS)-9-(2,3, dihydroxypropyl)-adenine. *Acta ent. Bohemoslov.*, **81**(3): 46-53.
- GIL, A.; MUÑIZ, M., 1978: Nuevas transformaciones en experimentos biológicos basadas en la respuesta cuantal. *Bol. Serv. Plagas*, **4**: 89-229.
- GROSCH, D. S., 1975: Combined effects of radiation and chemical agents in altering the fecundity and fertility of a braconid wasp. *En: Symposium on sterility principle for insect control*: 243-260. IAEA. Viena.
- GUERRA, A. A., 1972: Sterility induced in tobacco budworms by combination of reserpine and gamma irradiation affected by age and sex of pupae. *J. Econ. Entomol.*, **65**: 1282-1283.
- 1975: Sexual sterilization of tobacco budworms with combinations of oral chemosterilants and gamma irradiation. *J. Econ. Entomol.*, **68**(1): 1-3.
- GUERRA, A. A.; WOLFENBARGER, D. A.; LUKEFAHR, M. J., 1971: Effects of substerilizing doses of reserpine and gamma irradiation on reproduction of the tobacco budworm. *J. Econ. Entomol.*, **64**(4): 804-806.
- HOOPER, G. H. S., 1971: Competitiveness of gamma-sterilized males of the Mediterranean fruit fly. Effects of irradiating pupal or adult stages and or irradiating pupae in nitrogen. *J. Econ. Entomol.*, **64**: 1364-1368.
- KATIYAR, K. P., 1962: Possibilities of eradication of the Mediterranean fruit fly *Ceratitis capitata* (Wied.) from Central America by gamma-irradiated males. *Fourth Inter-American Symposium on the Peaceful Application of Nuclear Energy*. Abril, 1962. México, **2**: 211-217.
- KATIYAR, K. P.; VALERIO, 1964: Efecto causado por la introducción de machos esterilizados por radiación gamma en una población normal de moscas del Mediterráneo (*Ceratitis capitata*). *Turrialba*, **15**: 211-212.
- KEISSER, I.; SCHNEIDER, E. L., 1969: Longevity, resistance to deprivation of food and water, and susceptibility to malathion and DDT of oriental fruit flies, melon flies and mediterranean fruit flies sexually sterilized with tepa or radiation. *J. Econ. Entomol.*, **62**(3): 663-666.
- KILGORE, W. W., 1967: Chemosterilants. *En: Pest Control: Biological, Physical and Selected Chemical Methods*. Eds. W. W. Kilgore y R. L. Doult. 197-239. Academic Press, Nueva York.
- KILGORE, W. W.; PAINTER, R. R., 1962: The effect of 5-fluoruracil on the viability of house fly eggs. *J. Econ. Entomol.*, **55**(5): 710-712.
- 1966: Insect Chemosterilants: Incorporation of 5-fluoruracil into House fly eggs. *J. Econ. Entomol.*, **59**(3): 746-747.
- LABRECQUE, G. C.; ADCOCK, P. H.; SMITH, C. N., 1960: Test with compounds affecting House fly metabolism. *J. Econ. Entomol.*, **53**(5): 802-805.
- MUÑIZ, M., 1984: Studies on a rapid adaptation of the Mediterranean fruit fly. *En: Proceedings of the CEC/IOBC «ad hoc meeting»*. Agosto, 1984. Hamburgo: 121-124.
- MUÑIZ, M.; BURGOS, R., 1982: Estudio del comportamiento reproductor de *Ceratitis capitata* (Wied.) ante el tratamiento con 5-fluoruracilo y radiación gamma. *Graellsia*, **38**: 155-165.
- MUÑIZ, M.; GIL, A., 1984: Desarrollo y reproducción de *Ceratitis capitata* Wied. en condiciones artificiales. *Bol. Serv. Plagas*, Fuera de Serie, **2**: 139 pp.
- OHINATA, K.; FUJIMOTO, M. S.; HIGA, H.; TANAKA, N.; HARRIS, E. J., 1978: Mediterranean fruit fly: Gamma-irradiation in nitrogen and packaging for SIT Program in Los Angeles. *J. Econ. Entomol.*, **71**(4): 610-612.
- PAINTER, R. R.; KILGORE, W. W., 1964: Temporary and permanent sterilization of house flies with chemosterilants. *J. Econ. Entomol.*, **57**(1): 154-157.
- STEINER, L. F.; CHRISTENSON, L. D., 1956: Potencial usefulness of the sterile fly release method in fruit fly eradication programs. *Proc. Hawaii Acad. Sci.*, **3**: 17-18.
- WAKID, A. M., 1973: Effect of nitrogen during gamma irradiation or puparia and adults of the Mediterranean fruit fly on emergence, sterility, longevity and competitiveness. *Environmental Entomology*, **2**(1): 37-40.

(Aceptado para su publicación: 21 enero 1992)