

Capacidad dispersiva de *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) entre valles agrícolas en San Juan, Argentina

DÍAZ*, Leonardo M., Fernando A. MURÚA**, Juan. C. ACOSTA** y Jorge M. ESCOBAR*

*Prog. Control y Errad. Mosca de los Frutos, Av. Benavides 8000, CP 5407 Marquesado, San Juan, Argentina; e-mail: ldiaznieto@argentina.com

**Depto. Biología e Instituto y Museo de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de San Juan, Av. I. de la Roza y Meglioli, CP 5400 San Juan, Argentina

Dispersal behavior of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) among agricultural valleys in San Juan, Argentina

■ **ABSTRACT.** *Ceratitis capitata* (Wiedemann) is a cosmopolitan Tephritids dipteran native to the north of Africa, which is the main plague of fruit trees in many countries of the American continent. Here we assess the dispersion capacity of the *Ceratitis capitata*, by releasing sterile flies under field conditions, in order to predict possible invasion to agricultural valleys nearby. 54,000 marked sterile flies of both sexes were released in locations of the Tulum Valley, close to the access to the Ullum and Zonda valleys. Jackson & Mc Phail traps were set up for monitoring the dispersion flights. 1,213 adults were captured during the sampling period, and there was no dispersion of the released adults from the Tulum valley to the Ullum and Zonda valleys. Host presence, geographical position of each ravine and wind orientation could explain the dispersion difference between both ravines. The dispersion lasted five weeks and the average dispersion distance reached by the released adults was of 3,764 m (S= 2897 m). No differences between sexes were detected.

KEY WORDS. Dispersal. *Ceratitis capitata*. Ravines. Valley.

■ **RESUMEN.** *Ceratitis capitata* (Wiedemann), díptero tefrítido cosmopolita originario del norte de África, es la principal plaga de los frutales en muchos países de América. El objetivo de este trabajo fue conocer las características de la capacidad de dispersión de *Ceratitis capitata*, mediante la liberación de moscas estériles en condiciones de campo, con el propósito de predecir las posibles invasiones de valles agrícolas vecinos. Se liberaron 54.000 moscas estériles marcadas de ambos sexos, en localidades del valle de Tulum, cercanas a los ingresos de los valles de Ullum y Zonda. Para el monitoreo del vuelo dispersivo se instalaron trampas Jackson y Mc Phail. Se capturaron 1.213 adultos durante el periodo de muestreo. No hubo propagación de los adultos liberados desde el valle de Tulum a los valles de Ullum y Zonda. La presencia de hospederos, posición geográfica de cada Quebrada y la orientación respecto al viento predominante, podrían explicar la diferencia de difusión entre ambas Quebradas. La dispersión duró cinco semanas. La distancia media de los adultos liberados fue de 3.764 m (S= 2.897 m) sin encontrar diferencias entre ambos sexos.

PALABRAS CLAVE. Dispersión. *Ceratitis capitata*. Quebradas. Valles.

INTRODUCCIÓN

Ceratitis capitata (Wiedemann), especie originaria de África conocida como «mosca del Mediterráneo» es una de las principales plagas de los frutales en muchos países, inclusive la Argentina (Quesada Allué, 1994). En San Juan, provincia agro-exportadora del centro-oeste de este país, es el blanco de un Programa de Manejo Integrado de Plagas (MIP) que utiliza la Técnica del Insecto Estéril como principal estrategia de control. Esta especie puede diseminarse dentro de frutos infectados en forma de huevo o larva, vía aérea por sus propios medios o con la ayuda del viento (Aluja, 1995), los dos sexos son relativamente buenos voladores (Quesada Allué, 1994). El viento tiene una marcada influencia sobre la frecuencia y orientación del vuelo (Aluja, 1993). La ausencia o presencia de frutos disponibles favorece la rápida dispersión, tanto de la mosca madura como inmadura, o la restringe a pocos metros (Fletcher, 1989; Prokopy & Roetberg, 1989; Barbosa *et al.*, 2000; Dean *et al.*, 2001). Esta especie puede percibir (en términos de condiciones y recursos favorables para su permanencia) la calidad del lugar donde se encuentra en un momento determinado, distinguir agrupaciones vegetales, volar hacia ellas, y localizar la especie frutal (Olalquiaga & Lobos, 1993). La información sobre la habilidad de vuelo y la dirección del movimiento de las moscas es necesaria para evaluar la posibilidad de reinvasión a determinados territorios (Kahoma & Kuba, 1996).

El valle de Tulum, principal valle agrícola de San Juan, está separado de los cercanos Ullum-Zonda por sierras montañosas. Dada la estrategia de lucha del Programa de Control y Erradicación de Mosca de los Frutos de San Juan (ProCEM) para buscar la erradicación de la plaga valle por valle, se impone la necesidad de evaluar la capacidad de dispersión de *C. capitata*, bajo ciertas condiciones experimentales, con el propósito de predecir si la especie plaga puede diseminarse desde el valle de Tulum hacia Ullum y Zonda, atravesando las Sierras homónimas por las únicas quebradas que los

comunican. En este trabajo se busca además, determinar si existe asociación entre la propagación y los factores climáticos, y si las hembras difieren de los machos en sus comportamientos dispersivos.

MATERIAL Y MÉTODOS

El área de trabajo comprende los valles de Tulum (VT), Ullum (VU) y Zonda (VZ), los más importantes valles agrícolas ubicados en el centro oeste de la Provincia de San Juan, a 31° 27' Sur y 68° 41' Oeste y a 750 m.s.n.m. El primero está separado de los dos últimos por las sierras de Ullum y Zonda, que forman parte del sistema montañoso de la Precordillera, y se disponen en dirección NE-SO alcanzando 300 m de altura. Estas sierras constituyen una barrera geográfica que aísla los valles mencionados a excepción de: la quebrada de Ullum (QU) de 6.000 m de longitud, extendida en dirección SE-NO que comunica a Tulum con el VU; y la quebrada de Zonda (QZ) de 4.000 m de longitud con recorrido SO-NE que comunica Tulum con el VZ. La vegetación en la QU está compuesta por hospederos, especies ornamentales e hidrófilas asociadas al río, mientras que la QZ presenta sólo vegetación ornamental. Las laderas de la sierra alternan sectores sin vegetación, con otros cubiertos de especies de la provincia fitogeográfica del Monte (Fig. 1).

Se utilizaron para este ensayo ejemplares estériles de *Ceratitis capitata* de ambos sexos. Este material se obtuvo luego de irradiar un litro de pupas de la Línea Bisexual San Juan con cobalto 60, línea mediante la cual se obtiene una relación 1:1 de adultos de ambos sexos criados en la Bioplanta del ProCEM San Juan. El volumen total de pupas irradiadas fue empacado y dividido en 10 bolsas de papel con 100 ml cada una. Una vez emergidos los adultos dentro de las bolsas, se calculó el porcentaje de voladores que fue del 90%; se estimaron aproximadamente 54.000 adultos voladores. Al comienzo de la experiencia, éstos fueron liberados vía terrestre, en dos localidades (50 % en cada

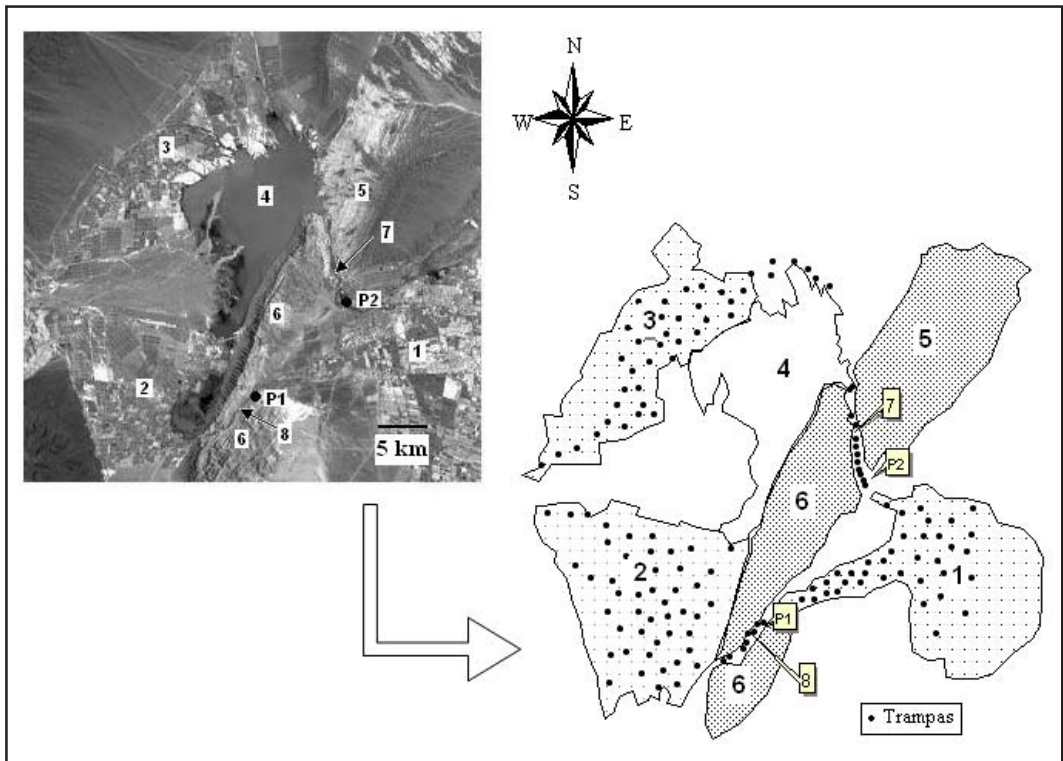


Fig. 1. Área de estudio. Esquema representando valles y sistema de trampeo: 1: valle de Tulum; 2: valle de Zonda; 3: valle de Ullum; 4: dique de Ullum; 5: sierras de Ullum; 6: sierras de Zonda; 7: quebrada de Ullum; 8: quebrada de Zonda; P1 y P2: puntos de liberación 1 y 2.

una) ubicadas en la entrada de las quebradas de Zonda y Ullum, denominadas P1 y P2 respectivamente. Las moscas se marcaron previamente con pigmento vegetal fluorescente, verde en el caso de la quebrada de Zonda y azul en el caso de Ullum.

Para el monitoreo del vuelo dispersivo, se utilizaron 145 trampas pertenecientes a la red oficial de trampeo del ProCEM San Juan, ubicadas en los valles mencionados y discriminadas en 88 trampas Jackson cebadas con Trimedlure (Susbin®), y 37 trampas Mc Phail cebadas con proteína *Torula* (Susbin®).

En el interior de las quebradas se instalaron trampas adicionales: 8 en Zonda (4 Jackson y 4 Mc Phail) y 12 en Ullum (6 Jackson y 6 Mc Phail). Las trampas en las quebradas se colocaron por pares (1 Jackson y 1 Mc Phail), separadas entre sí por aproximadamente 2 metros; en 6 sitios equidistantes en la quebrada de Ullum y 4 sitios en Zonda. Se registró con un geoposicionador satelital la distancia entre

el punto de liberación y cada trampa. El área total cubierta por trampas fue de 49,6 Km².

La revisión y recebado de las trampas se realizó semanalmente, desde diciembre de 2004 a enero de 2005, discriminándose los ejemplares liberados de los silvestres por la presencia de pigmento en los primeros; éste se puede observar sobre el cuerpo completo del ejemplar bajo luz negra o en la cabeza macerada bajo microscopio epifluorescente. De no observarse pigmento, los individuos se diferenciaron mediante un análisis del desarrollo de la genitalia bajo lupa binocular (75 x). Se registraron el sexo y número de moscas capturadas.

Los datos climáticos del periodo de muestreo se obtuvieron en la Estación Meteorológica Las Chacritas, ubicada a 22,16 km. del área de estudio, y se promediaron por semana para realizar las correlaciones. Los datos muestrales se trataron con estadísticos descriptivos asegurando así la independencia estadística y normalidad de

los datos. Según la naturaleza de éstos se utilizó estadística paramétrica o no paramétrica. Para determinar diferencias entre los adultos capturados en las quebradas y el valle de Tulum, se utilizó ANOVA; para determinar diferencias entre la dirección del viento predominante y la dirección del vuelo de los adultos, se empleó la prueba de bondad de ajuste (χ^2); para correlacionar la cantidad de moscas capturadas y los factores climáticos, se recurrió al test de Spearman. En todos los casos, se usó el programa Statistica 5.5 (Stat Soft Inc, 2007). Para todos los análisis el nivel de significancia fue del 5 %.

RESULTADOS

De los aproximadamente 54.000 adultos voladores liberados en total en los 2 puntos geográficos, 1.213 (915 azules y 298 verdes) fueron capturados durante el periodo de muestreo en las quebradas de Ullum, Zonda y el valle de Tulum, (Tabla I). Se registró captura hasta la quinta semana posterior a la liberación. No se encontró ninguna diferencia significativa entre la cantidad de machos y de hembras capturados a lo largo de estas semanas. No se verificaron capturas en los valles de Ullum y Zonda durante todo el ensayo.

De los 298 adultos con pigmento verde que se recuperaron, el 25,5 % se capturó en el interior de la quebrada de Zonda y el 75,5% en el valle de Tulum. A pesar de estas diferencias porcentuales, se debe señalar que el esfuerzo de trapeo (número de trampas colocadas) no fue el mismo entre áreas. Al dividir el número total de moscas atrapadas en cada área por el número de trampas

colocadas, y luego, comparar las capturas entre áreas mediante un test de Chi2, se mostró que no hubo diferencias significativas entre la quebrada de Zonda y el valle de Tulum ($\chi^2=0,06$, GL = 1, P = 0,43).

De los 915 adultos con pigmento azul, el 96,6% fue capturado en el interior de la quebrada de Ullum y el 3,4% en el valle de Tulum; encontrándose una diferencia significativa entre estos dos sitios de trapeo (F (1,54) =17,67; P=0,01; N= 49) (Tabla I). Debido a que el número de trampas colocadas en estas áreas tampoco fue el mismo, se equilibró el esfuerzo de trapeo y se compararon las capturas entre las mismas mediante el test de Chi2; este mostró también diferencias significativas entre las dos zonas ($\chi^2=75,76$, GL = 1, P = 0,01).

Considerando ocho cuadrantes de dirección (N, S, E, O, NE, NO, SE, SO), el viento predominante fue del sector sur (Fig. 2) y se encontraron diferencias significativas ($\chi^2= 92.88$; GL= 3; P= 0,01).

La mayoría de los adultos liberados en P1 y P2 tomaron las direcciones NE y NNO

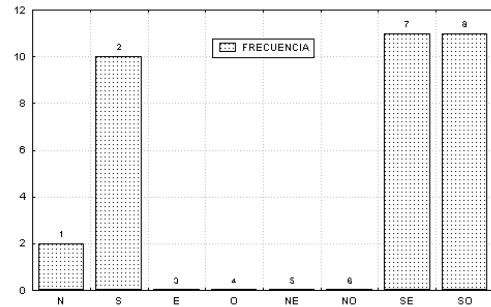


Fig. 2. Frecuencias y direcciones de los vientos predominantes.

Tabla I. Total de adultos capturados durante el periodo de muestreo.

	Quebrada de Zonda		Quebrada de Ullum		Valle de Tulum	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀
Moscas Pig. Azul	0	0	486	426	1	2
Moscas Pig. Verde	25	48	0	0	140	85

Tabla II. Cuadrantes de dirección, cantidad de moscas y dirección tomada por las mismas a partir de sus respectivos puntos de liberación.

Dirección	P1	P2
N	0	0
NE	225	0
NO	0	912
S	0	3
SE	0	0
SO	73	0
E	0	0
O	0	0

(P1: $\chi^2= 2.138,99$, GL =11, P =0,01 y P2: $\chi^2=9.993,23$ GL =11, P =0,01) (Tabla II).

Las distancias máximas, mínimas y medias desde cada punto de liberación se muestran en las Figs. 3 y 4. Como podemos observar, las moscas liberadas en P1 fueron capturadas en mayor porcentaje en el valle de Tulum, a una distancia máxima de 11.000 m, media de 5.821 m y mínima de 3.000 m; en menor porcentaje se encontraron en la quebrada de Zonda donde alcanzaron 3.490 m de máxima, media de 2.445 m y mínima de 840 m. Las liberadas en P2 fueron capturadas principalmente en la quebrada de Ullum, a una distancia máxima de 3.290 m, media de 1.165 m y mínima de 10 m; en menor porcentaje en el valle Tulum: 9.580

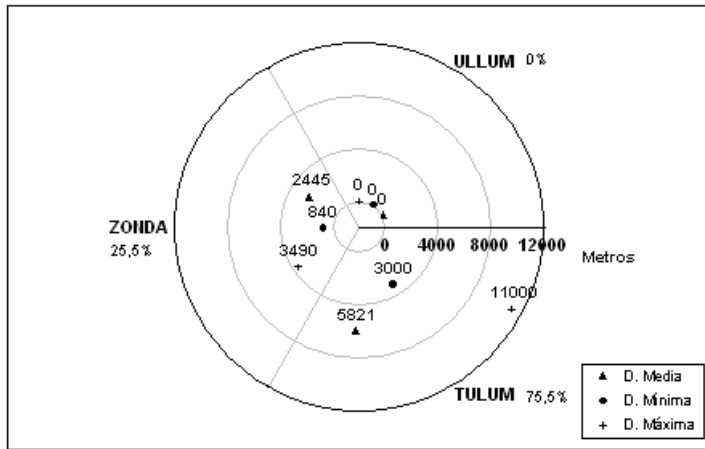


Fig. 3. Distancias en metros recorridas por adultos liberados en P1 y porcentaje de captura por área de trampeo.

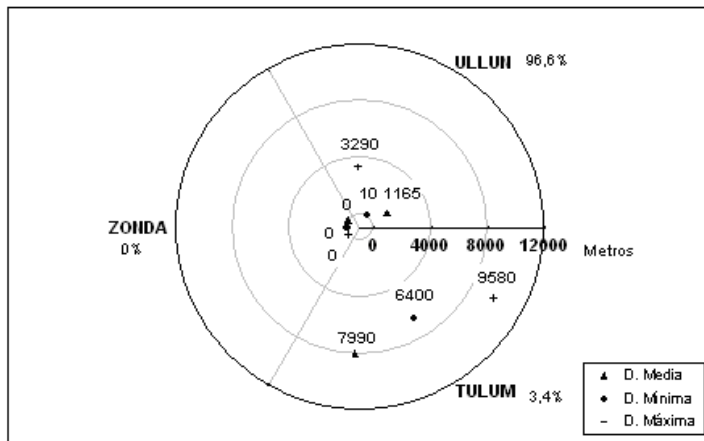


Fig. 4. Distancias en metros recorridas por adultos liberados en P2 y porcentaje de captura por área de trampeo.

m de máxima, media de 7.990 m y mínima de 6.400 m.

No se encontró correlación entre las capturas de adultos liberados y la temperatura, humedad relativa o velocidad del viento. ($R=-0,7$, $P=0,18$, $N=5$; $R=0,01$, $P=1$, $N=5$; $R=0,01$, $P=1$, $N=5$, respectivamente). La ausencia de correspondencia puede, sin embargo, deberse al tamaño reducido de las muestras relacionadas ($N=5$).

DISCUSIÓN

En el presente estudio, se obtuvo una recaptura del 2,2 % con una densidad de trapeo de 3,2 trampas/km²; este valor se diferencia del registrado por el ProCEM en la campaña de liberación de 2004-2005, que fue del 0,08 % con una densidad de trapeo de 3,2 trampas/km²; y del valor de recaptura del 0,6 % con 3,8 trampas/km², obtenido por Lance & Gates (1994). El valor alcanzado indica una buena eficiencia de recaptura de los adultos liberados, en relación con los valores precedentes.

Los movimientos migratorios son influenciados por la topografía general, dirección del viento (Enkerlin, 1996; Kahoma & Kuba, 1996 y Aluja, 1993), cursos de agua, vegetación, distribución de los hospederos (Fletcher, 1989), hábitat, características de parches (Aluja, 1993) y la presencia o ausencia de frutos (Fletcher, 1989; Prokopy & Roetberg, 1989; Enkerlin, 1996; Barbosa *et al.*, 2000 y Dean *et al.*, 2001). En este estudio, la distancia y dirección de la dispersión de los adultos liberados, pudo estar relacionada con las características del área de estudio. Entre estas características se puede nombrar la presencia de las sierras de Ullum y Zonda como barrera natural, la orientación geográfica de las quebradas homónimas con respecto a la dirección del viento predominante, las distancias desde los puntos de liberación a los valles agrícolas y la distribución de la vegetación hospedera.

En el caso de los adultos liberados a la entrada de la quebrada de Ullum, la ubicación SE-NO de la misma, permitiría una

corriente favorable del viento predominante hacia su interior. Por otro lado, los frutales hospederos más cercanos al punto de liberación se encontraron en el interior de la Quebrada. Tanto la orientación de la Quebrada con respecto al viento, como la distancia a los frutales hospederos podrían explicar la dirección tomada por la mayoría de los adultos hacia la Quebrada. La influencia de estos factores se pudo demostrar estadísticamente.

La ubicación SO-NE de la quebrada de Zonda favorecería un movimiento en sentido Zonda-Tulum, siguiendo la dirección del viento predominante. Los hospederos más cercanos al punto de liberación se hallaban próximos a Tulum, y no se encontraron en el interior de la quebrada de Zonda. Esto explicaría la orientación tomada por la mayoría de los adultos hacia Tulum, aunque tal hipótesis no se comprobó estadísticamente.

En cuanto a los factores climáticos, no se encontró correlación entre la temperatura y humedad relativa con la cantidad de adultos capturados; contrariamente a lo observado por Enkerlin (1996), Luna *et al.* (1996) y Christenson & Foote (1960), quienes mencionan que las variaciones en estos factores pueden motivar el inicio de una fase de dispersión. Esto pudo deberse a que durante el tiempo de muestreo no se encontró demasiada amplitud de las variables analizadas, y al bajo número de las muestras utilizadas para el análisis de correlación.

La capacidad de vuelo de ambos sexos en moscas estériles de esta especie fue marcada por Quesada Allué *et al.* (1994), quienes registraron una dispersión de hasta 2.500 m. Los resultados aquí obtenidos demostraron una propagación media de 4.062 m ($S= 3.131$ m) en los machos y de 3.467 m ($S= 2.468$ m) en las hembras. No se detectaron diferencias entre sexos en la capacidad de dispersión, a diferencia de lo observado por Enkerlin (1996), quien indica que en la mayoría de los estudios con tetrífidos, las hembras tienen mayor capacidad de vuelo que los machos. Esta presunta diferencia fue atribuida por Economopoulos *et al.* (1978) a la necesidad

que tienen las hembras de reproducirse.

CONCLUSIONES

Se concluye que las moscas liberadas en Tulum no ingresaron a los valles de Ullum y Zonda a través de las quebradas homónimas, ya que las sierras representan una barrera geográfica para la dispersión de *C. capitata* desde el valle del Tulum. Ambas quebradas ofrecen ventajas y desventajas para la propagación de la plaga, vinculadas a: la orientación respecto a Tulum, los vientos predominantes del sur, presencia de hospederos y distancia de las áreas cultivadas más próximas en cada valle. La distancia media recorrida por los adultos liberados fue de 3.764 m (S= 2.799 m), con una máxima de 11.000 m sin encontrar diferencia entre los sexos. La distancia y orientación de la dispersión estaría correlacionada con la presencia de hospederos y dirección del viento predominante del Sur.

AGRADECIMIENTOS

A tres árbitros anónimos por comentarios y correcciones en el manuscrito, a Blanca Moyano de Burgos, Sergio Avendaño, Néstor Navarro y al personal del Laboratorio de Identificación del ProCEM San Juan.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

1. ALUJA, M. 1993. The Study of Movement In Tephritid Flies: Review of Concepts And Recent Advances. *En: Aluja, M. & P. Lideo (eds.), Fruit Flies. Biology and Management*, Springer, Verlag, New York, pp. 105-113.
2. ALUJA, M. 1995. *Manejo Integrado de Moscas de la Fruta (Diptera Tephritidae)*. Programa Mosca del Mediterráneo DGSPAF-SARH., México.
3. BARBOSA, S., A. MEXIC & R. PEREYRA. 2000. Dispersal And Survival of Esterile Male (Tsl Strait). *Mediterranean Fruit Flies. En: Ken-Hong-Tan (eds.). Area Wide Control of Fruit Flies ad Othter Insect Pest*, Penerbit Universiti Sains Malaysia Pinang, pp. 527.
4. CHRISTENSON, C. & R. FOOTE. 1960. Biology of Fruit Flies. *Ann. Review Entomol.* 15 (5): 171-192.
5. DEAN, D., M. SALVATO & T. HOLLER. 2001. Influencias Ambientales en el Rescate de Moscas del Mediterráneo Estériles en dos Programas de Dispersión Preventivos en la Florida. *En: Actas y Trab. del IV Meeting of the Working Group on Fruit Flies of the Western Hemisphere, Guatemala, 2001*, pp 147.
6. ECONOMOPOULUS, A. P., G. E. HANIOTAKIS, J. MATHIOUDIS, N. MISSIS & P. KINIGAKIS. 1978. Long-distance flight of wild and artificially reared *Dacus oleae* (Gmelin) (Diptera; Tephritidae). *Sonderdruck Bd. 87 (1978) H.I.S.* pp 101-108.
7. ENKERLIN, W. R. 1996. Dispersión y desplazamiento de las poblaciones de Mosca de la Fruta. *En: Actas y Trab. del Curso Regional Sobre la Mosca de la fruta con énfasis en la Técnica del Insecto Estéril, México, 1996*, 5 (7), pp 143-146.
8. FLETCHER, B. S. 1989. Movement of Tephritid Fruit Flies. *En: Robinson, A. S. & G. Hoper (eds), World Crop. Pest*, Elsevier Science, Amsterdam, Vol 3B, pp 209-219.
9. KAHOMA, T. & H. KUBA. 1996. Movement of Sterile Melon Flies in Okinawua, Japan. *En: Mc Pheron B. A., & G. J. Sitck (eds), Fruit Flies Pest*, Luice Press, USA, pp 415-423.
10. LANCE, D. R., GATES, D. B. 1994. Sensitivity of detection trapping systems for mediterranean fruit flies (Diptera: Tephritidae) in souther California. *J. Econ. Entomol.* 87: 1377-1383.
11. LUNA, J. F., L. L. EDNSIGNIA, J. L. GARCÍA, J. O. DE LEÓN, J. M. CORONADO & E. L. CANCIO. 1996. Efecto de atrayentes alimenticios, distancia entre trampas y factores abióticos en *Anastrepha ludens* Loew. en Llera, Tamaulipas, México. *En: Actas y Trab. del II Meeting of the Working Group on Fruit Flies of the Western Hemisphere, Viña del Mar, Chile, 1996*, p. 53.
12. OLALQUIAGA, F. G. & C. LOBOS A. 1993. *La Mosca del Mediterráneo en Chile. Introducción y Erradicación*. Serv. Agr. y Gan.- Min. Agric, Santiago de Chile.
13. PROKOPY, R. J. & B. D. ROETBERG. 1989. Fruit Fly Foraging Behavior. *En: Robinson A. S. & G. Hoper (eds), World Crop. Pest*, Elsevier Science, Amsterdam, Vol 3A, pp, 293.
14. QUESADA ALLUÉ, L. A. 1994. *La Mosca del Mediterráneo. Guía de Laboratorio*. Ed. Por el Autor, Bs. As.
15. STAT SOFT, Inc. 2007. *Electronics Estatistics Textbook*. Tulsa, Ok: Stat Soft. WEB: <http://www.statsoft.com/textbook/stathome.html>.