

## Distribución espacial de la Mosca de las Frutas (*Ceratitis capitata* Wiedemann) (Diptera Tephritidae) y su relación con el daño en fruto a nivel de cuadro de producción.

Alvaro Otero<sup>1</sup>, José Buenahora<sup>1</sup>, Elina Zefferino<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Programa Nacional de Investigación en Producción Citrícola. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. INIA Salto Grande. Uruguay.

<sup>2</sup>Ministerio de Agricultura y Pesca. Dirección General de Servicios Agrícolas. Salto. Uruguay  
[aotero@inia.org.uy](mailto:aotero@inia.org.uy), [jbuenahora@inia.org.uy](mailto:jbuenahora@inia.org.uy), [ezefferino@mgap.gub.uy](mailto:ezefferino@mgap.gub.uy)

### Introducción

El manejo integrado de las plagas depende de decisiones acertadas, desde el nivel del productor hasta el nivel nacional. A los efectos de realizar decisiones correctas, es esencial tener una medida representativa o estimada de la densidad de población de una plaga (Walter, 1991).

A los efectos de determinar el número mínimo de trampas que se deben instalar en una determinada área del campo, y cuyas capturas luego sean representativas de la densidad de la población de moscas, es imprescindible conocer la distribución espacial de las moscas. Más aún, si luego se quisiera relacionar estas capturas con el daño ocurrido en las frutas.

Es una opinión frecuente entre los citricultores, la reiterada prevalencia de mosca en determinadas zonas de los cuadros y en determinados cuadros dentro de la quinta. Empíricamente se ha observado que algunas áreas dentro de los cuadros de producción, año tras año son las áreas de mayor presencia de moscas. De ser acertada esta observación, facilitaría enormemente la colocación de las trampas de monitoreo para hacer más precisa la estimación de la densidad de la población. También sería muy útil en el direccionamiento de las medidas de control de la plaga, ya sea con estrategias químicas, cebos tóxicos o trampeo masivo.

Es el objetivo de este primer año de trabajo, determinar la dispersión espacial de la mosca de las frutas en las condiciones agroecológicas de Salto y explorar su relación con el daño ocurrido en los frutos.

### Materiales y Métodos

En el predio de la empresa Milagro S.A. localizado en la ruta 3, Km 487 (Colonia Solari, Salto), se seleccionó un cuadro de producción de proporciones irregulares de aproximadamente 1,7 ha con naranja cv. Washington Navel injertada sobre *Poncirus trifoliata* de 15 años de edad. El cuadro de producción tiene 1131 plantas cítricas con un marco de plantación de 3 x 5 m.

Se dividió el cuadro en celdas que contenían entre 9 y 11 plantas, abarcado 3 filas con una disposición aproximada de 3 x 3 plantas (Figura 1). En los 152 grupos de plantas se seleccionó la planta central, en donde se colocó una trampa Susbin®. Se seleccionó este tipo de trampas alimenticias, fundamentalmente porque se quiere estudiar toda la población de las moscas (machos y hembras) y apreciar donde se encuentran cada una de ellas en el cuadro. Semanalmente desde la instalación de las mismas el 4 de abril hasta el 5 de junio de 2013 (8 semanas), se registró el número de moscas macho y hembra en cada trampa. Se optó por analizar el conteo de las capturas, por razones de procedimiento estadístico y por la relación lineal entre el MTD y las capturas, que en este experimento al tener el mismo intervalo entre muestreos, resulta simplemente el número de capturas dividido una constante.

En la cosecha comercial, se colectaron 50 frutos maduros en las tres plantas centrales de cada grupo de plantas, en caso de observarse frutos con claros síntomas de daño de moscas, estas frutas fueron incluidas en el muestreo, así como la fruta del suelo, en caso de estar presente bajo el árbol. A los efectos de determinar el daño en la fruta cítrica, los frutos fueron evaluados individualmente por personal entrenado en este tipo de daños de la DGSA-MGAP (Salto) e INIA.



Figura 1. Posicionamiento de los árboles con trampas en el cuadro de Navel 2013. Milagro S.A. Colonia Solari. Salto.

Previamente a la instalación del ensayo, se colocaron en posiciones estratégicas dentro del cuadro y de forma que se puedan interpolar los datos, 9 estaciones de registro de temperatura y humedad del aire. A tal fin se utilizaron sensores y registradores Hobo© (USA) configurados para que registren los datos cada 10 minutos. Los sensores fueron colocados con soportes individuales en la fila, entre las plantas, a la altura 1,7 m. Las plantas y los sensores fueron individualmente georreferenciados a los efectos de realizar los análisis pertinentes en ArcGis 9.

#### **Análisis de la dispersión de las capturas de mosca y del daño en fruto.**

Se calcularon los siguientes índices para evaluar el grado de agrupamiento de las capturas en las trampas:

- a) Índice de Dispersión (ID) - Relación Varianza/Media (Taylor 1961,1984).
- b) Índice de Hacinamiento - Hacinamiento Medio ( $X^*$ ). (Southwood T.R.E. 1978).
- c) Índice de Parcheo (IP) - (Lloyd's Index of Patchiness). (Lloyd, 1967).

Adicionalmente se empleó el Índice de Moran para evaluar el grado de agregación de las variables (ArcGis).

Luego de determinado el grado de agregación, se determinó el grado de dependencia espacial de las capturas de moscas y del daño de los frutos a través del análisis geoestadístico de la autocorrelación. Se ajustaron distintos modelos de la relación semivarianza-distancia entre pares de puntos calculando el  $R^2$ , y el error de predicción del ajuste de los mismos, por medio del software GS+ v 9.0. Para validar el grado de dependencia entre la semivarianza de la variable y las distancias entre pares de puntos ajustadas en el modelo, se realizó una prueba de bondad de ajuste ( $X^2$ ) entre los valores observados y los valores predichos. Para seleccionar el mejor modelo y con los coeficientes del mismo provenientes del modelo estimado con el GS+, se realizó la prueba de razón de verosimilitud, para evidenciar diferencias significativas entre el modelo propuesto y el modelo sin relación semivarianza-distancia entre pares de puntos. Adicionalmente se tomó el criterio de Información de Akaike (AIC) como indicador del modelo que presentaba el mejor ajuste. Ambos análisis fueron realizados con el Proc Mixed (SAS 9.2).

#### **Análisis de los frutos con daño.**

Para la delimitación de grupos de plantas con valores de captura o daño en fruta similares estadísticamente, se realizó un procedimiento estadístico basado en el análisis de *clusters* no supervisado de medias  $K$  difusas (Bezdek, 1981) con el software 'Management Zones

*Analyst'* v1.01 (Fridgen *et al.*, 2004). Con los grupos generados por las variables número de capturas de machos, hembras y totales en cada planta, se procedió a analizar el número de frutos dañados en los árboles dentro de cada grupo (Proc Genmod, SAS).

## Resultados y Discusión

Las capturas de moscas expresadas como MTD durante los 62 días del experimento fueron relativamente bajas (Cuadro 1), tanto sea para las capturas promedio por trampa de moscas totales, como de moscas hembras o machos por separado. Se evidencia la predominancia de moscas hembras en toda la población.

Cuadro 1. MTD promedio de las capturas totales de mosca de las frutas en las trampas Susbin® colocadas en el cuadro de Navel 2013.

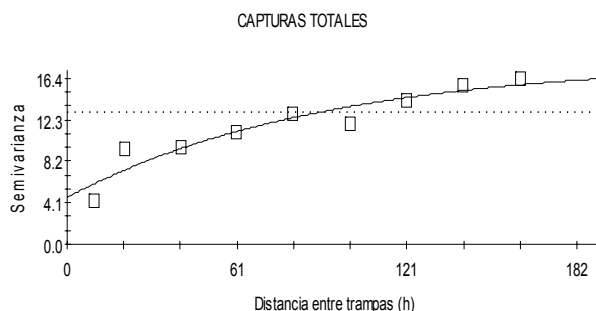
	MTD promedio por trampa		
	Total	Hembras	Machos
Promedio	0.053	0.040	0.013
Desvío Estándar	0.058	0.048	0.019
n	152	152	152

Cuadro 2. Índices de dispersión de la población de moscas en el cuadro de Navel 2013.

	Captura Acumulada por Trampa		
	Total	Hembras	Machos
Relacion Varianza/Media	4.02	3.51	1.76
Hacinamiento Medio	6.29	5.01	1.58
Indice de Parcheo de Lloyd	1.9	2.0	1.9

Las capturas de moscas, ya sean hembras o machos, tienen una dispersión grande, alejada de una dispersión más regular o aleatoria (Cuadro 2). Esto se aprecia en los índices de dispersión calculados; para valores de la relación varianza/media iguales a 1 es aceptado que presentan una dispersión aleatoria, mientras que valores inferiores a 1 representarían una dispersión regular y finalmente valores superiores a 1 dispersión agregada. Con el índice de hacinamiento medio sucede lo mismo cuanto mayor sea el valor de hacinamiento medio respecto de la media, las capturas están más agregadas. Finalmente, y en concordancia con los dos índices anteriores, el índice de parcheo de Lloyd para las capturas es superior a 1, evidenciando un agrupamiento importante de los valores de las capturas bastante alejado de la distribución aleatoria cuando el índice estaría muy cercano a 1. Los tres índices son coincidentes entre sí, ya sea para las capturas totales, como para machos y hembras analizados separadamente.

La dependencia espacial, analizada a través de la autocorrelación, muestra la relación del cambio del valor de la varianza (o semivarianza) con las distancias entre pares de valores de las trampas o de los puntos de muestreo del daño en frutos (Figura 2). Los parámetros obtenidos del ajuste del modelo seleccionado de la semivarianza son presentados en el cuadro 3. Si bien los modelos seleccionados presentaron un buen ajuste estadístico, evidenciado a través de valores relativamente altos de  $R^2$ , la validación de los mismos a través del análisis de bondad de ajuste  $X^2$  entre los valores observados y los predichos no fue significativa, demostrando que a pesar del ajuste del modelo, no se encontró dependencia espacial significativa entre las capturas de moscas totales, ni en las capturas de macho y hembras por separado, por lo menos a los niveles de densidad de la población registrados durante el experimento.



Exponential model ( $C_0 = 4.610000000000000$ ;  $C_0 + C = 18.010000000000000$ ;  $A_0 = 90.1000000000000$ ;  $r^2 = 0.904$ ;  
RSS = 10.6)

Figura 2. Semivariograma de las capturas de mosca totales y su relación con la distancia entre pares de trampas.

Cuadro 3. Parámetros de los modelos de los variogramas para capturas totales, capturas de machos y hembras.

Variable	Modelo	Nugget	Silla	Rango	$R^2$	Error Cuadrático	$\chi^2$
Captura de Hembras	Exponencial	2,23	12,3	77,3	0,92	5,3	n.s.
Captura de Machos	Exponencial	1,04	2,1	221,1	0,80	0,06	n.s.
Captura Total	Exponencial	4,61	18,0	90,1	0,90	10,6	n.s.

La distribución de los árboles con fruta dañada, evidenció una dependencia espacial incluso menor, en este caso particularmente ni siquiera se pudo obtener un modelo ajustado y consistente con la realidad del campo.

Como las capturas de moscas o de las frutas dañadas no presentaron significativamente una dependencia espacial, no se podría decir que haya evidencias estadísticas significativas para definir áreas de mayor o menor prevalencia de la población de moscas dentro de estos cuadros de producción.

Cuando se analiza la evolución de la temperatura y humedad en los distintos puntos del cuadro, a través de la acumulación de grados días, en los rangos de temperatura y humedad de mayor confort para la plaga (Vera *et al.* 2002), vemos que no hubo tampoco diferencias significativas entre los 9 puntos registrados. No pudiéndose relacionar las condiciones de temperatura o humedad del aire dentro del cuadro con las capturas de moscas.

### Aproximación a la relación captura-daño.

Es tradicional que el monitoreo de la población de las moscas se realice a través de la captura de machos con trampas con atrayentes sexuales, en combinación con trampas alimenticias (AIEA, 2003). Los incrementos en el MTD observado se han relacionados con incrementos en la población de moscas y en definitiva en el aumento del daño de los frutos.

El objetivo inicial de este trabajo es de evaluar la predominancia espacial de las moscas en un cuadro de producción citrícola, de tal forma que si hay mayor prevalencia de moscas en algunas áreas, esto permitiría mejorar el muestreo y control de la misma. A tal efecto se pusieron trampas alimenticias que permitiera a las moscas tener igualdad de oportunidades de obtener alimento en toda la superficie, con la posibilidad de que este aumento de alimento pudiera interferir con el picado de los frutos.

A través del análisis estadístico del posicionamiento de los árboles y de su relación cuantitativa con los árboles vecinos, se agruparon los mismos en 4 grupos (*clusters*) de acuerdo a la cantidad de capturas de moscas totales, y por separado de machos y de hembras.

En estos 4 grupos se relacionó la cantidad de frutos con daño en cada uno de los mismos, y se evaluó estadísticamente la diferencia entre los grupos para las capturas totales, de machos y hembras.

Cuando se agruparon las plantas por el número de capturas totales, los grupos de plantas que tenían trampas que capturaron menos de 8 moscas no se diferenciaban entre sí en el número de frutos dañados, mientras que el grupo con plantas que tuvieron capturas superiores a 15 moscas, fueron significativamente superiores en el daño de los frutos observados. Plantas con trampas de mayor captura mostraron mayor número de frutos dañados (Figura 3).

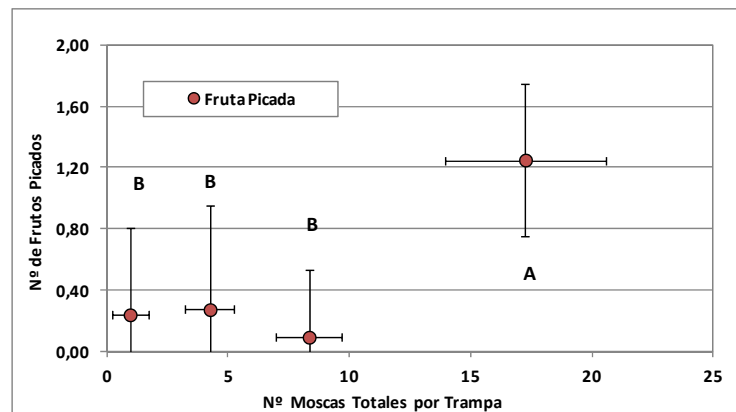


Figura 3. Relación entre el número de moscas totales por trampa y el número de frutos picados en los cuatro grupos seleccionados. Medias de grupos con distinta letra son significativamente distintas  $p < 0,05$ .

Por otro lado, cuando se separa por sexo de las moscas, los 4 grupos de capturas de machos no mostraron diferencias estadísticas significativas entre ellos, independientemente del nivel de captura de las trampas (Figura 4), mientras que fue significativa la diferencias en el nivel de daños entre los 4 grupos de capturas de hembras (Figura 5).

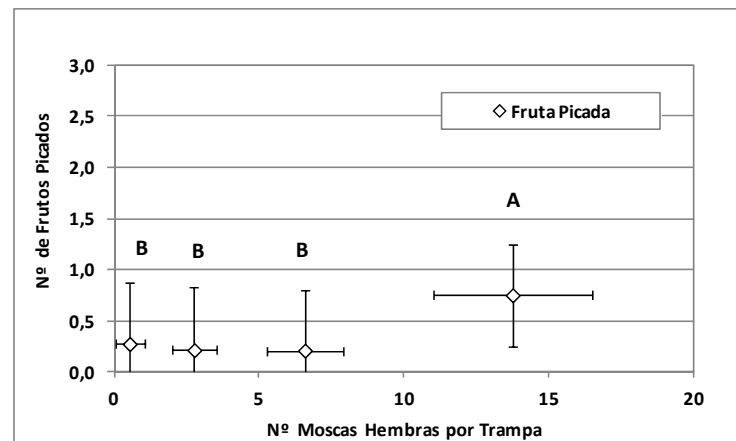


Figura 4. Relación entre el número de moscas hembras por trampa y el número de frutos picados en los cuatro grupos seleccionados. Medias de grupos con distinta letra son significativamente distintas  $p < 0,05$ .

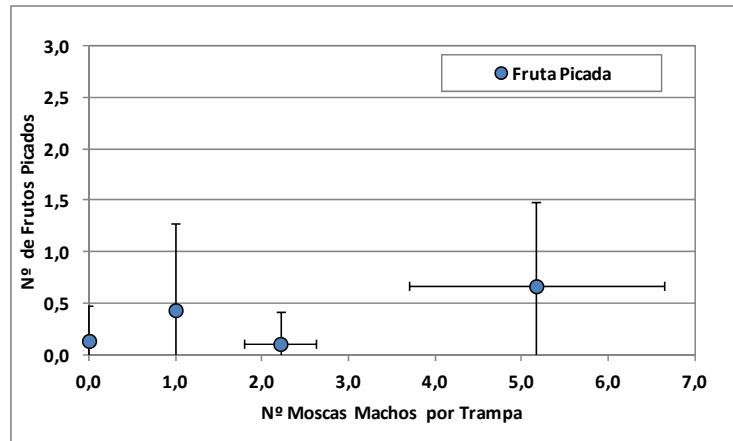


Figura 5. Relación entre el número de moscas macho por trampa y el número de frutos picados en los cuatro grupos seleccionados. Medias de grupos sin letras son significativamente iguales  $p > 0,05$ .

A medida que los grupos de plantas tenían mayor cantidad de capturas de machos, también aumentaba la cantidad de capturas de hembras, con una relación de un 20% más de hembras que de machos. Quedando en evidencia que los grupos de trampas con más cantidad de machos capturados fueron las que tenían también mayor cantidad de hembras capturadas (Figura 6).

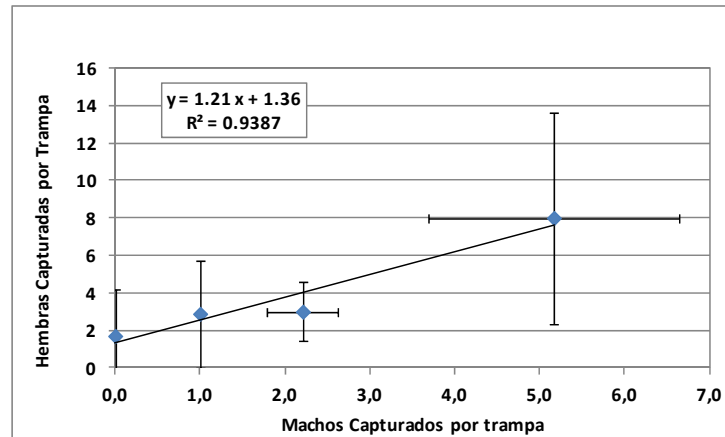


Figura 6. Relación entre el número de moscas macho capturados por trampa y el número de hembras capturadas en las mismas trampas en los distintos grupos seleccionados.



## Conclusiones

La densidad de la población de mosca de las frutas fue baja en el cuadro de Navel estudiado, en concordancia con el bajo daño en las frutas observado.

Si bien se evidenció una dispersión significativamente importante en la captura de moscas, mostrando situaciones de alta agregación, no fue posible de demostrar una dependencia espacial de las capturas, impidiendo en consecuencia delimitar con certeza estadística áreas de mayor o menor prevalencia. Aunque, este es el primer año de evaluación, podríamos esperar este tipo de comportamiento de la plaga en situaciones de muy baja prevalencia o densidad de la población de moscas.

La dispersión del daño en el fruto no difirió estadísticamente de una dispersión aleatoria, y también sin evidencias estadísticas de dependencia espacial dentro del cuadro.

Los grupos de plantas con trampas que tuvieron mayor captura de moscas totales y de hembras fueron los grupos en los cuales significativamente hubo mayor daño en los frutos, en oposición a la hipótesis de que las trampas pudieran haber enmascarado el daño de los frutos al competir estos con el alimento suministrado en las plantas. No hubo relación estadísticamente significativa, entre los grupos con mayor captura de machos y el daño en los frutos.

## Bibliografía

- Bezdek, J.C. 1981. Pattern recognition with fuzzy objective function algorithms. Plenum Press, New York.
- Fridgen, J.J.; Kitchen, N.R.; Sudduth, K.A.; Drummond, S.T.; Wiebold, W.J. y Fraisse C.W. 2004. Management Zone Analyst (MZA): Software for Subfield Management Zone Delineation. *Agronomy Journal*, Vol. 96, January–February 2004.
- IAEA. International Atomic Energy Agency. 2003. Trapping guidelines for area-wide fruit fly programmes. IAEA, VIENNA. TG/FFP-2003.
- Lloyd, M. 1967. Mean crowding. *J. Anim. Ecol.* 36:1-30.
- Southwood T R E. (1978). *Ecological methods with particular reference to the study of insect populations*. 2nd ed. London: Chapman and Hall.
- Taylor, L. R. 1961. Aggregation, variance and the mean. *Nature (London)* 189: 732-735.
- Taylor L R. 1984. Assessing and interpreting the spatial distribution of insect population. *Annual Review of Entomology* 29: 321–358.
- Vera, M.T.; Rodriguez, R.; Segura, D.; Cladera, J.L. y Sutherst, R. 2002. Potential Geographical Distribution of the Mediterranean Fruit Fly, *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae), with Emphasis on Argentina and Australia. *Environmental Entomology* Vol. 31, no. 6 1009-1022.
- Walter, P.T. 1991. Measurement of insect pest population and injury. *In: Crop loss assessment and pest management*. (1991). Ed P.S. Teng. The American Phytopathological Society.

**Agradecimientos:**

Al Ing. Agr. Juan Carlos Diez, Gerente Agrícola de Milagro S.A.

Al Ing. Agr. Alvaro Ceriani, de Milagro S.A, por su colaboración en la instalación y manejo de los ensayos.

Al Sr. Carlos Piñeiro, por su colaboración en la instalación de los tratamientos y actividades de monitoreo.

Al personal de campo de la Dirección General de Servicios Agrícolas (DGSA-MGAP). Salto.

A Verónica Galvan, Norma Rodríguez, Juan Amaral, Fernando Jorge, Wilson Cardozo y demás funcionarios de INIA que colaboraron en este trabajo.