

Técnicas geoestadísticas aplicadas al análisis de la distribución de capturas de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) mediante trampas con feromonas sexuales en una plantación de tomate

F.J. MORAL GARCÍA, J.A. RODRÍGUEZ BERNABÉ, A. ARRANZ ROMERO, J.I. DE LA CRUZ BLANCO, F. HONORIO GUIADO

En una plantación de tomates se aplican métodos geoestadísticos, para obtener unos mapas de la distribución de capturas de *Helicoverpa armigera* (Hübner) a partir de 112 trampas con feromonas sexuales.

Durante el periodo del 10 al 31 de julio, justo antes de la recolección del tomate y del 14 al 17 de agosto, unos días después de la recolección, se estudió diariamente la variación espacial de las capturas, respuesta conjunta a la emisión de feromonas y a la población de mariposas. La feromona empleada fue (Z)-11-hexadecenol y (Z)-9-hexadecenol en proporción 97/3.

Con el uso de técnicas de estimación geoestadística "krigeado", se consiguió representar diariamente las distribuciones espaciales de las capturas, lo que permitió analizar su evolución temporal. La modelización mediante variogramas teóricos de tipo esférico o exponencial, con un importante efecto pepita, denotan la notable oscilación de las densidades de capturas en la parcela. Se realizaron estimaciones en una gran cantidad de puntos no muestrales, lo cual sirvió de base para la elaboración de mapas de distribución de las capturas, para los días considerados.

Con esta información se hace una propuesta de reparto de feromonas en la plantación ya sea con vistas al seguimiento de la plaga o a un posible desarrollo de métodos bio-técnicos de control (confusión sexual, trapeo masivo).

J.A. RODRÍGUEZ BERNABÉ, A. ARRANZ ROMERO, F. HONORIO GUIADO, . Esc. Ing. Agrarias. Univ. de Extremadura. Carretera de Cáceres s/n. 06071. Badajoz E-mail: jantonio@unex.es. amarranzr@hotmail.com, fhguisado@unex.es

F.J. MORAL GARCÍA Esc. Ing. Industr. Universidad de Extremadura. Avda. de Elvas, s/n. 06071. Badajoz. E-mail: fjmoral@unex.es

J.I. DE LA CRUZ BLANCO. Serv. Sanidad Vegetal. Cons. Agric. y M. A. Junta de Extr. 06071. Badajoz. E-mail: jesus.cruz@aym.juntaex.es

Palabras clave: *Helicoverpa armigera*, geoestadística, SIG (Sistema de Información Geográfica), tomate, feromonas, trampas sexuales, confusión sexual, trapeo masivo, Agrupaciones de tratamientos integrados en agricultura (ATRIAs).

INTRODUCCIÓN

El Manejo integrado de un cultivo exige el muestreo y evaluación de los daños que producen las diferentes plagas que le puedan afectar, así como de los efectos secundarios

derivados de su posible control. Para el seguimiento de *Helicoverpa armigera* (Hübner) en tomates de industria de las Vegas del Guadiana, en la provincia de Badajoz, los técnicos de las agrupaciones de tratamientos integrados en agricultura (ATRIAs) analizan



Figura 1: Trampa con feromona y pastilla de insecticida utilizadas para las capturas de *Helicoverpa armigera* (Hb.)

la evolución de las capturas de mariposas mediante trampas provistas de feromonas sexuales e insecticida (Fig. 1) además de muestrear semanalmente la presencia de puestas, larvas, y las variaciones de los daños en los frutos (RODRÍGUEZ *et al.*, 2001). El manejo adecuado de *Helicoverpa armigera* puede evitar pérdidas importantes en la producción y en la calidad del tomate, influyendo indirectamente sobre otras plagas y enfermedades del cultivo.

Estudios acerca de *Helicoverpa zea* (Boddie) en maíz han demostrado que hasta que no entendamos mejor las relaciones existentes entre las capturas en trampas y la densidad real de la plaga en el campo, las decisiones acerca de su manejo basadas en la utilización de las capturas en trampas con feromonas, deben tomarse con precaución (GAUTHIER *et al.*, 1991). Es asimismo importante poder relacionar la variación de las capturas con parámetros que puedan influir como la temperatura, la lluvia o el viento, así como comprobar la correspondencia entre las variaciones en las capturas de mariposas y los ataques de larvas al fruto.

Por otro lado el control de ciertas plagas mediante técnicas respetuosas con el medio ambiente, como la confusión sexual y el trapeo masivo, exigen del diseño de la distribución de feromonas y trampas en el campo.

La variación espacial de las poblaciones de las plagas mediante el uso de índices de

dispersión sin tener en cuenta la localización de las muestras, no permiten analizar la distribución espacial de las mismas, requiriéndose información previa del reparto que presentan los individuos aislados en el cultivo (TAYLOR, 1984). Además en los sistemas agrícolas, las variables físicas y biológicas muestran generalmente una distribución en forma de focos sobre el área de interés. Una plaga suele concentrarse en unas zonas más que en otras, pudiendo existir en muchos casos una continuidad espacial entre las diferentes localizaciones que interesa conocer.

El reciente desarrollo de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y de la geostatística, ha dado impulso a los estudios relativos al análisis de la distribución espacial aplicada a la ecología de los insectos. Estas técnicas pueden utilizarse para analizar el patrón de variación de las capturas con trampas de feromonas sexuales de *Helicoverpa armigera* (Hb.), como respuesta a la propia emisión de feromonas y a la población existente de mariposas. Los sistemas de información geográfica (SIG) mediante programas de ordenador permiten analizar los datos espaciales: datos georeferenciales tales como densidad de insectos, tipo de cultivo o de suelo pueden ser incorporados en un SIG para dar lugar a mapas superpuestos o recubrimientos. Sin embargo, la caracterización y los modelos de distribución espacial solo se han podido lograr mediante la geoestadís-

tica que correlaciona los datos en el espacio y en el tiempo, obteniendo por interpolación los datos espaciales intermedios (BURROUGH y MC DONNELL, 1998). En estos casos, el método del "krigeado" da lugar a las "mejores estimaciones", siempre que se cumplan las asunciones en las que se asienta (KEMP *et al.*, 1989).

En el "krigeado", la minimización del error se realiza suponiendo que se conoce el "variograma" con total exactitud, aunque en realidad se estima mediante un proceso difícil y no cuantificable. En caso de conocer el "variograma" con total exactitud, otros métodos de estimación no lineales pueden mostrar unos errores de estimación menores. El "krigeado" da lugar a la mejor estimación absoluta solo cuando la función aleatoria es una distribución normal. Sin embargo los conteos de insectos no suelen aproximarse a esa función, por eso se suele realizar antes una transformación no lineal, aunque entonces las estimaciones suelen ser sesgadas, excepto para la transformación logarítmica, (JOURNAL y HUIJBREGTS, 1978).

El uso de los métodos geoestadísticos para el análisis de los patrones de distribución espacial de los insectos es bastante reciente. Los trabajos realizados en pequeñas parcelas, de menos de 500 m², tanto en sistemas naturales (LIEBHOLD *et al.*, 1991) como agrícolas (SCHOTZKO y O'KEEFE, 1989), han permitido observar que las densidades muestran importantes discontinuidades locales, reflejándose en el "efecto pepita" del "variograma", incluso en ocasiones, se encuentra un "efecto pepita" puro. Esta falta de continuidad de los datos puede deberse a un error en el muestreo o reflejar que la escala espacial requerida debería ser menor que la utilizada.

En trabajos con SIG realizados en extensiones mayores, se ha comprobado como las poblaciones de insectos pueden distribuirse continuamente en distancias muy variables. Así se encontraron como las poblaciones de saltamontes mostraban distribuciones espaciales relacionadas en distancias que variaban entre 1 y 100 km (KEMP *et al.*, 1989). En Alberta (EEUU) la abundancia de saltamon-

tes pudo relacionarse con el tipo de suelo, y también con las precipitaciones, tendiendo a bajar en áreas que recibían lluvias por encima de la media (JHONSON, 1989). En Michigan conteos de machos de *Limantria sp.* capturados en trampas, se utilizaron mediante interpolaciones, para obtener mapas de capturas, ponderándose las distancias entre trampas mediante algoritmos. Después estos conteos se usaron para generar mapas de predicciones de defoliación de los bosques usando un modelo lineal que se desarrolló mediante datos históricos (CAGE *et al.*, 1991). Dado que las decisiones en el manejo de plagas suelen tomarse cuando los umbrales se han superado, los mapas de probables ataques obtenidos con el "krigeado" pueden ser útiles para tomar decisiones (PEDIGO *et al.*, 1986)

MATERIAL Y METODOS

El área experimental situada al oeste del término municipal de Badajoz (Fig. 2), consistió en una parcela rectangular de unas 20 ha, de 560 x 350 m de lado, con cultivos de tomates próximos, pero no contiguos

Con el fin de establecer una retícula regular superpuesta a la parcela experimental, se eligieron 112 puntos de muestreo distribuidos regularmente sobre el terreno, a un marco de 43 x 40 m (Fig. 3) situando en cada uno de los puntos una trampa de capturas de mariposas, a un metro del suelo, provista de feromonas de larga duración, (Z)-11-hexadecenol y (Z)-9-hexadecenol en proporción 97:3, con DDVP como insecticida.

Se efectuaron recuentos diarios de las mariposas capturadas en cada trampa durante el periodo de máximos vuelos, previos a las fechas de recolección del tomate y posteriores, utilizándose el Programa SURFER para efectuar las fases del estudio geoestadístico (análisis exploratorio de los datos, análisis estructural y estimaciones) y para las representaciones gráficas. La base de datos dispuesta en forma tabulada en un fichero ASCII, consta de las coordenadas de los puntos de las trampas y del número

de mariposas capturadas diariamente en cada una de ellas. Debido a la influencia que ejerce la emisión de la feromona se asigna a cada dato muestral al área que representa, dando lugar a una variable continua, considerando como tal las capturas de mariposas en cada retícula.

Para obtener la estructura de correlación espacial de los datos se utilizó el “variograma” experimental. Se consideró una distancia máxima de 330 m, la mitad aproximada-

mente de la diagonal de la parcela, para que al situarnos en el centro abarquemos todos los puntos de la misma. Se fijaron siete tramos de 47,15 m en el incremento de distancias a considerar en el “variograma”. Cada dato muestral se empareja en las direcciones geográficas con los cuatro más próximos. Para obtener el primer punto del “variograma” se empareja cada dato muestral con aquellos que disten menos de 47,15 m; el segundo con los que disten entre 47,15 y

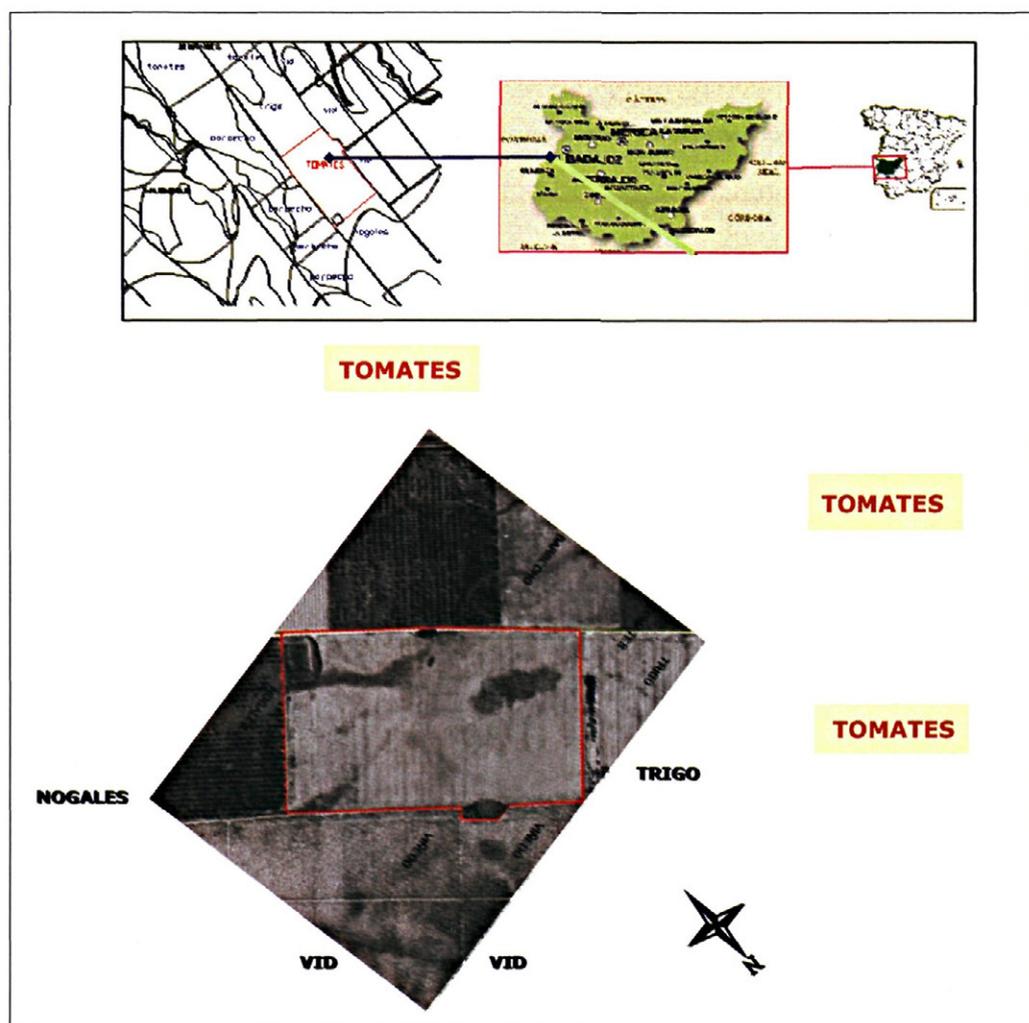


Figura 2. Situación de la parcela de estudio, delimitada con línea roja y cultivos próximos

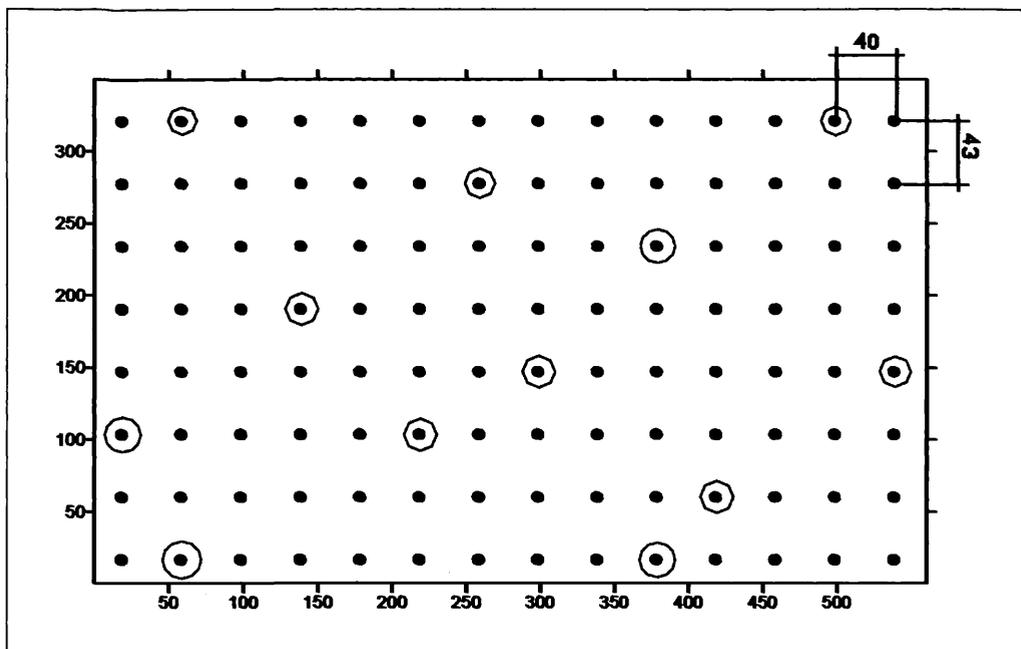


Figura 3. Disposición de las trampas en la parcela (puntos de muestreo). Los círculos azules indican donde se tomaron muestras para análisis del suelo.

94,30 m, y así sucesivamente hasta el séptimo que completa la distancia de 330 m.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para el análisis exploratorio de los datos, se construyeron una serie de histogramas diarios, obteniendo unas distribuciones muy sesgadas, alejadas de una distribución normal. Al realizar una transformación logarítmica de la variable densidad de insectos + 1, para evitar el logaritmo de cero pues en algunas trampas las capturas eran nulas, resultaron unas distribuciones que mostraban una mayor normalidad, confirmado mediante el cálculo de los estadísticos asociados a cada distribución (ARRANZ, 2002).

El mapa de posicionamiento de las observaciones diario (Fig. 4), indica como se distribuyen los puntos de muestreo en la parcela experimental, empleándose para la detección de errores en la localización de los datos y para analizar la posible presencia de valores anormales (MORAL, 2003).

En la fase del análisis estructural de los datos, se eligió la función “variograma” para caracterizar la continuidad espacial. Se construyeron los variogramas omnidireccionales diarios y posteriormente se les ajustaron unos modelos teóricos. Conviene indicar que en ningún caso se consideró la existencia de anisotropía, ya que con el número de datos disponibles, el cálculo de los variogramas direccionales se hubiese sustentado sobre muy pocos puntos muestrales, dando lugar a unos resultados muy deficientes.

Se ajustaron unos “variogramas” teóricos esféricos o exponenciales a los “variogramas” experimentales, con un “efecto pepita” en el origen. En el Cuadro 1 se tienen los valores de los parámetros de los mismos durante los primeros días del estudio y, en la Fig. 5, se muestran como ejemplo los variogramas correspondientes a cuatro días del estudio, en los restantes días son similares. Los modelos teóricos más apropiados para los variogramas deben ser el esférico o el exponencial, dado que una variable como la

Cuadro 1. Ejemplo de los variogramas teóricos ajustados a los diferentes variogramas experimentales durante los primeros 13 días del estudio (para el resto de los días los resultados son similares).

Día	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Modelo	Exp	Exp	Esf	Exp	Esf	Exp	Exp	Esf	Esf	Esf	Exp	Exp	Esf
Rango	300	300	330	300	315	250	275	300	225	275	190	200	225
Meseta	0,67	0,25	0,30	0,45	0,16	0,15	0,10	0,18	0,38	0,95	0,90	0,55	0,62
Pepita	0,12	0,12	0,15	0,19	0,07	0,09	0,08	0,12	0,23	0,15	0,24	0,18	0,21

(Exp = Exponencial, Esf = Esférico)

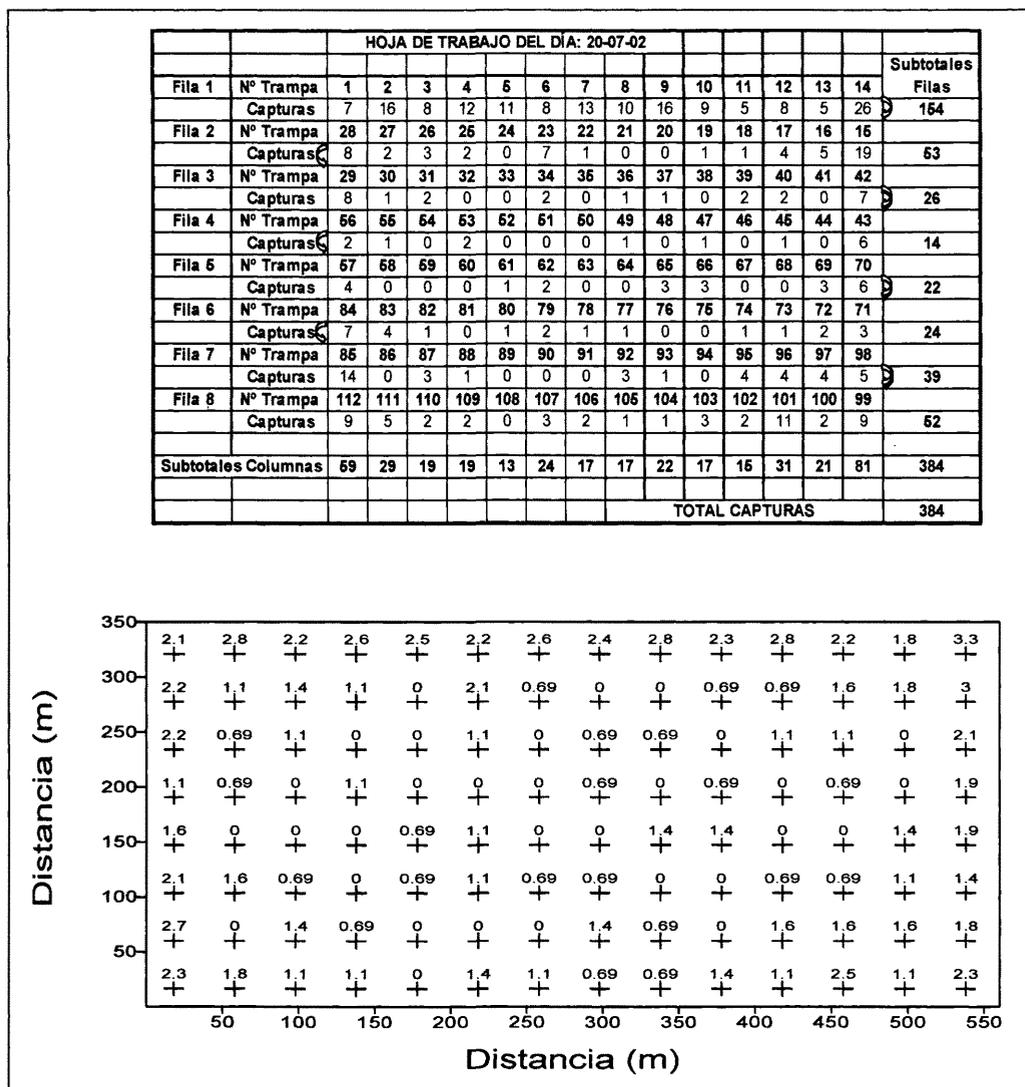


Figura 4. Ejemplo de hoja inicial de trabajo y mapa de posicionamiento de las observaciones en la parcela experimental para un día cualquiera, 20 de julio (abajo valor de la variable logaritmo de la "densidad de capturas + I", en cada punto muestral).

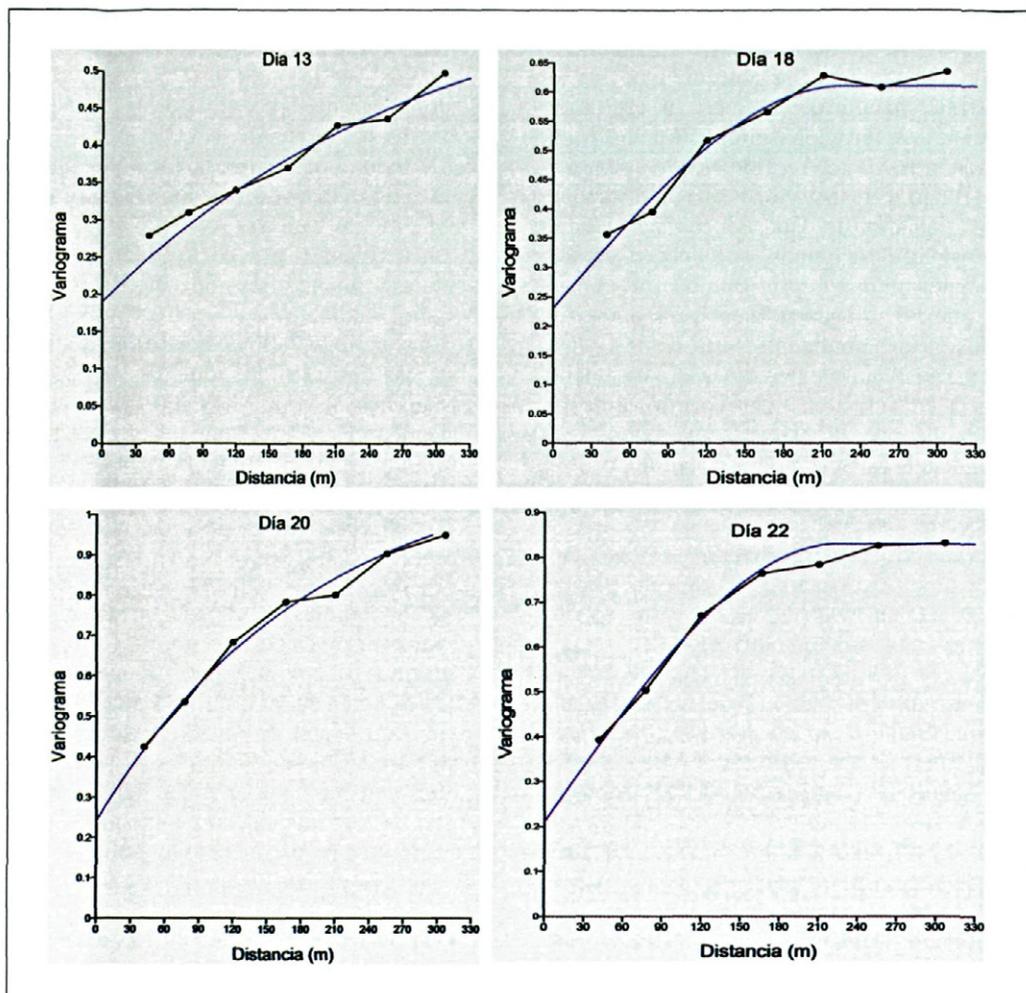


Figura 5. Ejemplo de los “variogramas” experimentales (puntos y línea negra) y teóricos (línea azul) para algunos días del estudio.

densidad de capturas en una parcela se distribuye muy erráticamente en distancias reducidas (ISAAKS y SRIVASTAVA, 1989). El ajuste de los “variogramas” teóricos a los experimentales, ponen de manifiesto las oscilaciones en las capturas con un importante efecto pepita.

La experiencia ha demostrado que lo fundamental no es tanto la forma analítica del modelo, sino la determinación de los rasgos más notables de la variable estudiada (GOO-

VAERTS, 1997). Por orden de importancia, se deben considerar el efecto pepita, el rango, la meseta y la anisotropía.

El comportamiento del modelo en el origen, medido por el “efecto pepita”, es muy importante, debido a su influencia en el proceso posterior de estimación. En los “variogramas” obtenidos, el efecto pepita es considerable en relación con la meseta. En una variable tan errática a pequeñas distancias como es el número de capturas, se tiene un

notable “efecto pepita debido a la variabilidad existente”. Podría haberse disminuido este efecto mediante la obtención de datos muestrales más próximos, pero en ese caso la emisión de feromonas produciría una gran distorsión por la interacción entre trampas.

El rango o alcance caracteriza la distancia hasta la cual existe dependencia espacial en la densidad de capturas, que debería ser la separación mínima entre trampas próximas para que no se vean influenciadas entre sí. En los casos estudiados, varía entre 190 y 330 m, abarcando en este caso la distancia máxima considerada desde el centro, es decir la totalidad de la parcela. En general, la dependencia espacial era más acusada en los primeros días, cuando las densidades de capturas eran menores.

La anisotropía es el rasgo menos importante a la hora de caracterizar un modelo, y sólo es obligada su inclusión en los casos donde sea muy intensa en una dirección determinada, ya que influirá muy notablemente en los patrones de distribución que se obtengan. Aunque *Helicoverpa armigera* Hb. es capaz de desplazarse, incluso a cientos de kilómetros según las direcciones de los vientos dominantes, (PEDGLEY, 1986; FARROW y DALY, 1987), en este trabajo no se consideró porque el número de datos disponibles, por si revelaba es muy escaso para el análisis del “variograma” orientado en las direcciones principales.

Para la estimación en los puntos no muestrales y la elaboración de mapas con la densidad de capturas de mariposas en todos los puntos de la parcela, se empleó el “krigeado” ordinario en bloques con una retícula regular de 5.900 puntos sobre el área de estudio, cuadrados de 5 m de lado. Se asignó a cada nodo los valores resultantes de la aplicación del método de interpolación geoestadística, “krigeado”, considerando las estructuras de correlación espacial descritas con los variogramas.

Al comparar los mapas diarios de distribución de las mariposas recogidas durante los días de estudio se puede deducir la evolución temporal de la población. Se representan en la Fig. 6 algunos de ellos.

1. Las capturas en el centro de la parcela son menores, a la vista de los mapas de distribución, de lo que cabría pensar que esta zona está más protegida de la llegada de mariposas en vuelo
2. De todo el perímetro, la zona NE, lindando con cultivo de viñedos (Fig. 2), es la que menos capturas recibe, incluso cuando los vientos proceden preferentemente de esa misma dirección, días 16 y 18 de julio.
3. En cambio en la linde con los nogales, SE de las figuras (a la izquierda) se recogen algo más de capturas, siendo precisamente menores en esta linde los días en que el viento sopla preferente de esta dirección, 14, 16 y 24 de julio (Fig. 6). Tal vez por el efecto cortavientos de este cultivo arbóreo.
4. Se detecta una concentración preferente de las capturas en las esquinas del W de la parcela, precisamente en esta dirección existen cultivos próximos de tomate (Fig 2) También en las otras lindes de la parcela con tomates próximos se recogen capturas elevadas de mariposas.

Se pudo comprobar como en todos los casos, la distribución de capturas mostraba inicialmente un patrón común, con máximas densidades en las lindes de la parcela, que disminuyen de forma concéntrica a medida que se avanza hacia el centro. Las mariposas colonizan primeramente las trampas más próximas al perímetro de la parcela. La situación en las proximidades con cultivos de tomates, y el viento dominante procedente del W y SW podrían ser los factores decisivos que hacen que las capturas sean más elevadas en las lindes más próximas a esas mismas direcciones, incluso una vez recogido el tomate. Las densidades de capturas de insectos son mayores en ciertas lindes, y a estas precisamente deberían dirigirse las actuaciones como la confusión sexual, o el trampeo masivo, para impedir que las mariposas del insecto se instalen y progresen hacia el interior de la parcela.

Las poblaciones pueden ser muy sensibles a los cambios de humedad y temperatura,

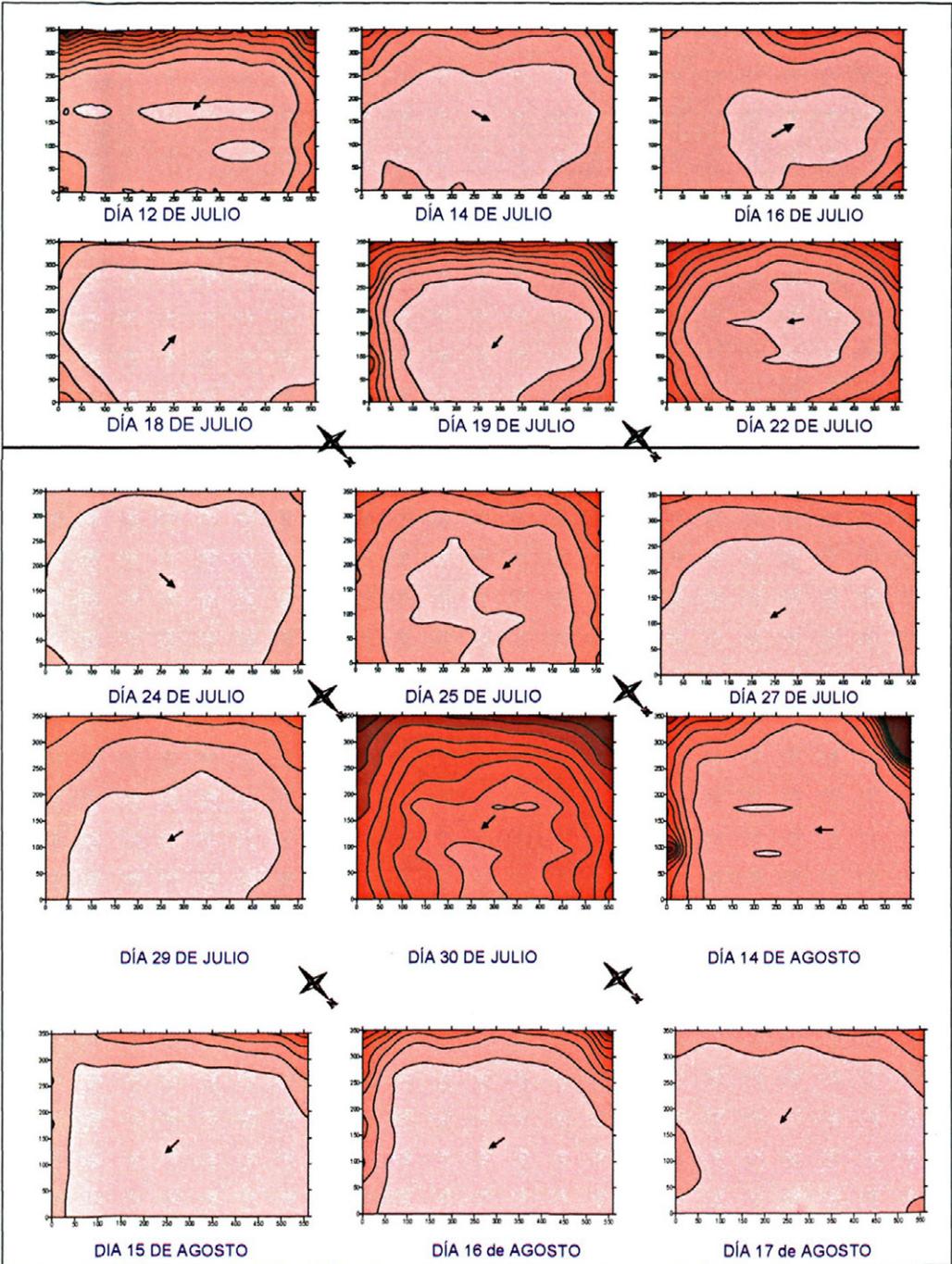


Figura. 6 Mapas para algunos de los días de muestreo con líneas de iguales capturas de *Helicoverpa armigera* Hb., (la escala usada corresponde al logaritmo natural de la "densidad de capturas + 1"). La flecha indica la dirección predominante de donde sopla el viento cada día.

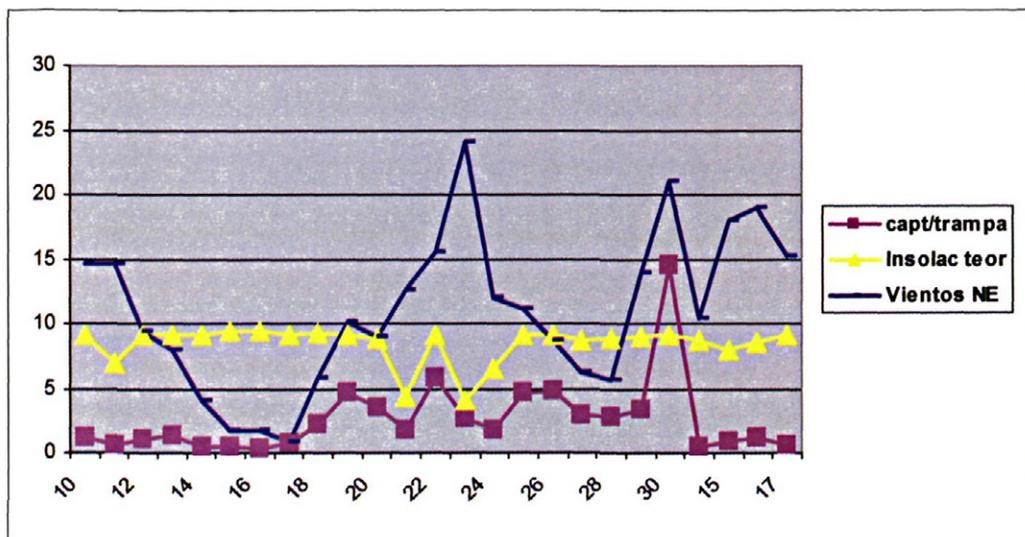


Figura 7. Relación de capturas diarias en trampa con la insolación teórica y nº de horas que sopla viento del SW al NE

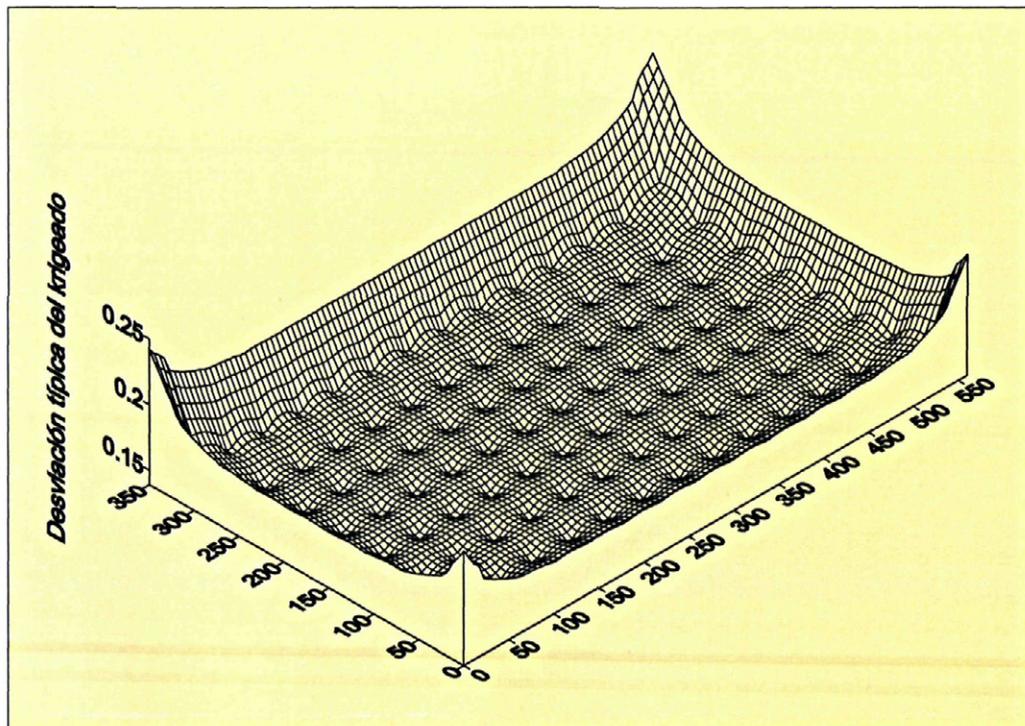


Figura 8. Distribución de la desviación típica del error en puntos de la parcela experimental, el día 15 de julio.

por lo cual, cuando las condiciones son cambiantes, suele producirse una disminución de las densidades por mortalidad. Sobre los principales factores meteorológicos que hacen variar diariamente las capturas son la insolación térmica teórica que recibe el suelo y nº de horas que sopla el viento del SW hacia el NE los que parecen incidir más en las capturas (Fig. 7).

Para visualizar la bondad de las estimaciones en los diferentes lugares de la parcela experimental se calcula la varianza o la desviación típica del error para la variable de interés. En la Fig. 8 se representan como ejemplo las desviaciones típicas de las capturas para el 15 de julio, para el resto de los días las figuras resultantes son similares. En la mayor parte de la parcela experimental las estimaciones son bastante precisas. Este parámetro presenta generalmente valores reducidos ya que se tomaron muestras dispuestas regularmente en la parcela, y aumenta en las lindes y sobre todo en las esquinas, ya que de esos lugares se dispone de menos información y las interpolaciones en los puntos no muestrales se realizan sólo con datos en unas deter-

minadas direcciones, mientras que en el interior se hace contando con todos los puntos muestrales que le rodean. La incertidumbre o el posible error es mínimo en los puntos donde se situaron las trampas, hundiéndose aquí la figura, pues las desviaciones típicas del error son aquí muy reducidas.

Los daños en los frutos al final del ciclo del cultivo, según un conteo efectuado, resultaron ser similares en toda la parcela, lo que indicaría la ausencia de protección de las feromonas, si bien las trampas se tuvieron en campo solo 20 días antes de la recolección del tomate, mientras que los primeros ataques al fruto se habían observado un mes antes.

Los mapas de distribución de las densidades de capturas son muy importantes así para una correcta planificación en la ubicación de trampas. Para el desarrollo de una agricultura más eficiente en la lucha contra las plagas las técnicas geoestadísticas pueden constituir una buena ayuda, lo que implica en última instancia la necesidad de conocer y aplicar correctamente estas técnicas.

ABSTRACT

MORAL GARCÍA F.J., J.A. RODRÍGUEZ BERNABÉ, A. ARRANZ ROMERO, J.I. DE LA CRUZ BLANCO, F. HONORIO GUIASADO. 2004. Geostatistical methods were applied to obtain some maps of spatial dispersion in a tomato field of *Helicoverpa armigera* (Hübner) catches, monitored with 112 sex pheromone traps. *Bol. San. Veg. Plagas*, 30: 733-744.

From 10 to 31 July, and from 14 to 17 August, just before and some days after picking the tomato picking respectively, monitoring of *Helicoverpa armigera* (Hub.) catches was carried out to design a pattern of spatial variation in densities, behavior response of the pheromone emissions and moth population. The sex pheromone used was (Z)-11-hexadecenol and (Z)-9-hexadecenol at a ratio of 97:3.

Information representing the daily spatial distribution of male moth catches was obtained by geostatistical estimation method, kriging. Repetition on many days permitted us to produce a serie of maps to analyze temporal evolution of the catches. Theoretical models of spheric or exponential variograms, with an important effect pepita, show how the density of catches is variable in all the field. Some acceptable variograms were achieved, and these provided the best estimation at the points where no data were found, and then monitoring maps were developed as a GIS command.

With this information a design of sex pheromone trap distribution in the fields was done to be applied to observe the moths flights in monitoring the pest or to sexual confusion or massive catches techniques. These Integrated Pest Management (IPM) techniques could improve Integrated Pest Control and provide more benefits for growers and for Environmental protection.

Key words: *Helicoverpa armigera*, sex pheromones, geostatistics, Geographic Information Systems (GIS), Integrated Pest Management (IPM), sexual confusion, massive catches, monitoring, tomatoes.

REFERENCIAS

- ARRANZ, A.M. 2002: Estudio geostadístico de la distribución espacial de la *Helicoverpa armigera* Hb. en el cultivo del tomate en las vegas bajas del Guadiana. Trabajo fin de carrera., Escuela de Ingenierías Agrarias, Universidad de Extremadura, Badajoz.
- BURROUGH, P.A., MC DONNELL, R.A. 1998. *Principles of Geographical Information Systems*. Oxford Univ. Press, New York.
- CAGE, S.H., WIRTH, T. M., SIMMONS, G.A. 1991. Predicting regional gypsy moth (Lymantridae) population trends in an expanding population using pheromone trap catch and spatial analysis. *Environ. Entomol.* **19**:370-77
- FARROW, R.A., DALY, J.C. 1987. Long-range movements as an adaptative strategy in the Genus *Heliothis* (Lep. Noctuidae): a review of its occurrence and detection in four species. *Aust. J. Zool.*, **35**: 1-24
- GAUTHIER, N.J., LOGAN, P.A., TEWKSBURY, L.A., HOLLINGSWORTH, C.F., WEBWE, D.C., ADAMS, R.G. 1991. Field bioassay of pheromone lures and trap designs for monitoring adult corn earworm in sweet corn in southern New England. *J. Econ. Entomol.* **84**: 1833-1836
- GOOVAERTS, P. 1997. *Geostatistics for Natural Resources Evaluation*. Oxford Univ. Press, N. York.
- ISAAKS, E.H., SRIVASTAVA, R.M. 1989. *An Introduction to Applied Geostatistics*. Oxford Univ. Press.
- JOHSON, D.L. 1989. Spatial and temporal computer analysis of insects and weather: grasshoppers and rainfall in Alberta. *Mem. Entomol. Soc. Can.*, **146**:33-48
- JOURNAL, A.G., HUIJBREGTS, CH.J. 1978. *Mining Geostatistics*. Academic, London.
- KEMP, W.P., KALARIS, T.M., QUIMY, W.F. 1989. Rangeland grasshopper (Orthoptera: Acrididae) spatial variability: macroscale population assessment. *J. Econ. Entomol.* **82**:1270-1276.
- LECOUSTRE, R., FARGETTE, D., FAUQUET, C., REFFYE, P. 1988. Analysis and mapping of the spatial spread of African Cassava Mosaic Virus using geostatistics and the kriging technique. *Phytopathology* **79** (9): 913-920
- LIEBHOLD, A.M., ZHANG, X., HOHN, M.E., ELKINTON, J.S., TICEHURST, M. 1991. Geostatistical analysis of gypsy moth (Lepidoptera: Lymantridae) egg mass populations. *Environ. Entomol.* **20**:1407-1417.
- MORAL, F.J. 2003. La representación gráfica de las variables regionalizadas. Geostatística lineal. Servicio de Publicaciones. Universidad de Extremadura, Badajoz.
- PEDIGO, L.P., HUTCHINS, S.H., HIGLEY, L.G. 1986. Economic injury levels in theory and practice. *Annu. Rev. Entomol.* **31**:341-68
- PEDGLEY, D.E. 1986. Windborne migration in the Middle East by the moth *Heliothis armigera* (Lep. Noctuidae). *Ecol. Entomol.* **11**:467-470
- RODRIGUEZ, J.A., HONORIO F., FERNANDEZ, J., GOMEZ-AGUADO, M., VELAZQUEZ, R. 2001. Revisión del protocolo de Control integrado de plagas para tomate de industria en Extremadura, seguido con las ATRIAS (Agrupaciones de Tratamientos Integrados en Agricultura.). Actas de Horticultura (3). IV Congreso Ibérico de Soc. Española de Ciencias Hortícolas :1311-1318.
- SCHOTZKO, D.J., O'KEEFE, L.E. 1989. Geostatistical description of the spatial distribution of *Lygus hesperus* (Heteroptera: Miridae) in lentils. *J. Econ. Entomol.* **82**:1277-1288.
- TAYLOR, L.R. 1984. Assessing and interpreting the spatial distributions of insect populations. *Annu. Rev. Entomol.* **29**:321-357.

(Recepción: 11 febrero 2004)

(Aceptación: 30 agosto 2004)