

## MODELACIÓN ESPACIAL DE GUSANO SOLDADO (*MYTHIMNA UNIPUNCTA*) EN EL CULTIVAR DE MAÍZ, EN TRES MUNICIPIOS DEL ESTADO DE MÉXICO, EN EL 2008

**José Francisco Ramírez-Dávila**

*Laboratorio de Investigaciones Entomológicas y Tecnologías en Agricultura de Precisión; Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma del Estado de México, UAEM. Cerrillo Piedras Blancas s/n km 15 Carr. Toluca - Ixtlahuaca, entronque al Cerrillo, C.P. 50200; Toluca, Estado de México; correo electrónico: jframirez@uaemex.mx*

**Vicente Esquivel Higuera**

*Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Universidad Autónoma del Estado de México; correo electrónico: vehcalidad@yahoo.com.mx*

### RESUMEN

*Mythimna unipuncta* (Lepidoptera: Noctuidae) causa grandes daños y está asociada con fuertes pérdidas económicas en la producción de gramíneas cultivadas, principalmente maíz (*Zea mays* L.); el presente trabajo de investigación muestra la utilización de la geoestadística para analizar la modelación y distribución de la plaga, como una herramienta en la agricultura de precisión. Este trabajo se llevó a cabo en once localidades de los municipios de Apaxco, Tequixquiác y Zumpango en el Estado de México, en 2008. El muestreo se realizó en parcelas de maíz, mediante la ubicación geográfica con un GPSmap60. Se tomaron 110 puntos por localidad que presentaron daños de gusano soldado, en cada parcela se contabilizaron cinco puntos, cada punto representa un metro cuadrado, para obtener el grado de infestación de la plaga. El análisis geoestadístico se realizó para estimar el semivariograma experimental y se ajustaron a un modelo teórico con el programa Variowin 2.2. Se determinó que los modelos gaussiano y esférico se presentaron en las once localidades para el año de estudio. Su ajuste se validó a través de la validación cruzada con el método de interpolación geoestadística o krigeado. Con el uso de técnicas y software geoestadísticos Surfer 8.0, se elaboraron mapas de agregación de la plaga. Con los respectivos resultados del análisis, se lograron determinar las zonas de mayor incidencia de la plaga, el cual fue de moderado a fuerte. Los índices de distancia SADIE permitieron caracterizar el patrón espacial en la zona de estudio el cual fue del tipo espacial agregado.

*Palabras clave: geoestadística, krigeado, agricultura de precisión.*

### SUMMARY

*Mythimna unipuncta* (Lepidoptera: Noctuidae) causes great damage and is associated with heavy economic losses in cultivated grass production, mainly maize (*Zea mays* L.); this research shows the use of geostatistics for modeling and analyzing the distribution of the pest, as a tool on of precision agriculture. This study was carried out in eleven villages in the municipalities of Apaxco, and Zumpango Tequixquiác in the State of Mexico in 2008. Sampling was conducted in plots of maize, by geographic location with a GPSmap60. 110 points were taken in places that had armyworm damage. Five points were counted at each plot, and each point represents a square meter for measuring the degree of infestation of the pest. The geostatistical analysis was performed to estimate the experimental semivariogram and fitted to a theoretical model with the program Variowin 2.2. It was determined that spherical and gaussian models were present in eleven locations for the study year. The fitness was validated through cross-validation method or kriging geostatistical interpolation. With the use of geostatistical techniques and software Surfer 8.0, aggregation maps of the pest were made. With the respective results of the analyses, we were able to determine which were the areas of highest incidence of the pest, which was moderate to strong. SADIE distance rates to characterize the spatial pattern in the study area which was an aggregated spatial pattern.

*Key words: geostatistics, kriging, precision agriculture.*

## INTRODUCCIÓN

Las técnicas geoestadísticas son un conjunto de herramientas usadas en sus inicios para la geología, dichas herramientas ayudan al análisis de datos que siguen una distribución de acuerdo a su ubicación en el espacio. Con el paso del tiempo esta herramienta se ha utilizado en otras ciencias de la tierra como la agricultura. El propósito de este trabajo es mostrar cómo se pueden utilizar estas herramientas para contribuir con el control de plagas. En este caso particular, se busca, determinar los patrones de distribución a los que se ajusta la población de la plaga de gusano soldado *M. unipuncta* (Lepidoptera: Noctuidae) en el cultivo de maíz, para luego identificar su rango de acción, posibles efectos de agrupamiento y su influencia en zonas aledañas.

Aunque la aplicación de la herramienta geoestadística es bastante reciente, son innumerables los ejemplos en los que se ha utilizado esta técnica en estudios ambientales con el ánimo de predecir fenómenos espaciales (Cressie & Majure 1995, Blom & Fleishser 2001). La columna vertebral del análisis geoestadístico es la determinación de la estructura de auto correlación entre los datos y su uso en la predicción a través de las técnicas conocidas como kriging y cokriging. La distribución espacial de los organismos se ha estudiado considerando las distribuciones estadísticas e índices de dispersión pero no su exacta localización espacial. Esto origina fallas en la diferenciación de los patrones espaciales cuyas descripciones son altamente dependientes del tamaño de las unidades de muestreo y de la relación entre la media y la varianza (Hurlbert 1990, Sawyer 1989). Por otro lado, los métodos geoestadísticos proporcionan una medida más directa de la dependencia espacial, debido a que tienen en cuenta la naturaleza bidimensional de la distribución de los organismos a través de su localización espacial. Además, los métodos geoestadísticos permiten elaborar mapas de gran utilidad (Isaaks & Srivastava 1988, Oliver & Webster 1991, Rossi et al. 1992, Speight et al. 1998, Sciarretta et al. 2001, Blom & Fleischer 2001) para conocer la distribución espacial de los insectos, permiten establecer grados de infestación que requieran un control inmediato, como también detectar posibles preferencias en su estructura de agregación y zonas que no presenten infestación. El objetivo del trabajo, fue establecer el comportamiento espacio temporal de gusano soldado (*M. unipuncta*) en tres municipios del Estado de México.

El maíz (*Zea mays* L.) es el principal cultivar en el Estado de México con más del 75% de su superficie cultivada; representó en el año agrícola 2008 un total de 579358 ha (SAGARPA 2008). Este cultivar presenta una problemática fitosanitaria muy variada, en la cual destacan plagas de importancia económica como la gallina ciega (*Phyllophaga* sp., *Anomala* sp., *Cyclocephala* sp., etc.), gusano alfilerillo (*Diabrotica* sp.), gusano de alambre (*Eleodes* sp.), y gusano soldado (*Mythimna unipuncta*, *Spodoptera frugiperda*) en las diversas regiones agrícolas del Estado de México.

En la región central de México se presenta una de las plagas más importantes que merma la producción de los cultivos básicos, se trata del gusano soldado (*M. unipuncta*), que cuando se presentan condiciones favorables para su desarrollo se reproduce en grandes cantidades. Esta plaga se inicia sobre pastizales en la primera etapa de su vida, posteriormente se traslada al cultivo atacando masivamente, llega a defoliar completamente la planta, dejando únicamente la nervadura central de las hojas. Aún en la actualidad existe poca información de la distribución espacial de esta plaga en el Estado de México que proporcione soporte científico para la elección de alternativas de control integral eficientes y sustentables. El conocimiento de la distribución espacial de la plaga es de gran importancia para la elaboración de programas de manejo integrado. Tal conocimiento permite el desarrollo exacto y eficiente de métodos de muestreo, de tácticas de control y de valoración de riesgos (Taylor 1961, 1984, Boiteu et al. 1979, Rue-sink 1980). La obtención de la distribución espacial de insectos con el uso de la geoestadística ha sido empleada por Ramírez et al. (2011) en la obtención de los patrones espaciales de *Bactericera cockerelli* en papa y Solares et al. (2011) en trips.

El ciclo biológico del gusano soldado (*M. unipuncta*), desde huevo hasta adulto es de 42 a 47 días durante la primavera y verano respectivamente, siendo más largo durante el otoño e invierno, se presenta una sola generación al año, raras veces dos en determinados lugares. Los huevecillos tienen un periodo de incubación de tres a cinco días, las larvas pasan por seis estadios durante 22 a 25 días, posteriormente pupan y después de 16 a 18 días emergen las palomillas. Los adultos poseen hábitos nocturnos, migratorios y gregarios, son atraídos fuertemente por la luz, dulces y fruta en descomposición, se localizan fácilmente durante las noches volando alrededor de las lámparas eléctricas y anuncios luminosos de las ciudades, tam-

bién durante la noche se alimentan del néctar de las flores, durante el día permanecen escondidas entre el follaje de las plantas, basura y terrones del suelo. Las larvas también son de hábitos nocturnos y gregarios. Durante el día se esconden entre el follaje, debajo de las plantas acamadas, en la base de las plantas o en el suelo, cuando son molestadas inmediatamente se dejan caer al suelo y se enroscan, al terminar el estado larvario bajan al suelo a pupar. La hembra adulta se aparea y realiza la oviposición en masa durante la noche, cada hembra llega a poner alrededor de 300 a 400 huevecillos en una masa durante toda su vida. Los lugares preferidos para ovipositar son las hojas de las gramíneas en crecimiento, entre las hojas, las vainas y con más frecuencia en los rastrojos (SENASICA 2005).

Por la importancia de esta plaga en México, es prioritario generar información sobre la distribución de *M. unipuncta*, por medio de la integración de un conjunto de programas y aplicaciones informáticas que permitan la gestión de datos organizados, referenciados espacialmente que puedan ser visualizados mediante mapas y que sirvan de base para realizar acciones de control en el cultivar de maíz. Estos elementos deben facilitar la utilización de tecnología en una agricultura de precisión que beneficie a los productores mexicanos. Por lo tanto, en este contexto se plantearon los ob-

jetivos de: a) determinar y establecer la modelación espacial de (*M. unipuncta*) en tres municipios del Estado de México y b) generar mapas de la superficie infestada de gusano soldado (*M. unipuncta*) en maíz para el 2008.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en los municipios de Apaxco en cinco localidades, Tequixquiac en cuatro localidades y Zumpango en dos localidades, del Estado de México (Tabla 1), donde se presentó el problema fitosanitario según datos del Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Estado de México CE-SAVEM (2008), en el cultivar de maíz. Para el estudio del comportamiento espacial de gusano soldado (*M. unipuncta*) se realizó un muestreo en parcelas de maíz (*Zea mays* L.) de cada localidad que presentaron daños, este muestreo se efectuó en cinco puntos por cada parcela, cada punto de muestreo corresponde a un m<sup>2</sup>. En cada parcela se determina la incidencia de población del insecto, con el promedio de los cinco puntos de muestreo por parcela (Lagunes & Tejada 1994). Cada parcela de muestreo se georeferenció utilizando un GPSmap60 Garmin. Se realizó una exploración estadística de los datos originales de las poblaciones y se completó con un total de 110 puntos por cada localidad de estudio.

**Tabla 1:** Superficie afectada e incidencia de gusano soldado (*Mythimna unipuncta*), por municipio y localidad en el Estado de México en 2008.

No.	Municipio	Localidad	Superficie (ha)	Incidencia (%)	Incidencia Promedio (%)
1	Apaxco	CECAF	12.8	1-3	2.12
		Potrero de la Olla	21.4	1-4	2.25
		Santa María Apaxco	19.2	1-6	2.39
		Tablón Chico	24.8	4-6	5.03
		Tablón Grande	32.5	1-16	5.73
2	Tequixquiac	La Presa del Trebiño	18.5	1-2	1.32
		San Sebastián	38.9	1-3	1.78
		Tlapanaloya	33.5	1-3	1.52
		El Zopilote	52.6	1-6	2.52
3	Zumpango	San Bartolo Cuatlapan	38.5	2-7	3.18
		San Juan Zitlatepec	18.5	1-5	2.74
<b>Total</b>			311.2		

El análisis geoestadístico consistió de los siguientes pasos: 1) estimación de semivariograma, 2) estimación de los parámetros de semivariograma, y 3) estimación de la distribución espacial utilizando puntos a través de kriging.

La estimación del semivariograma se realizó con los datos recopilados en los sitios de muestreo de la presencia de la plaga en las once localidades de los tres municipios.

El valor experimental semivariograma se calculó según la siguiente fórmula: (Journel & Huijbregts 1978, Isaak & Srivastava 1989)

$$\gamma^*(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [z(x_i + h) - z(x_i)]^2$$

Donde:  $\gamma^*(h)$  es el valor experimental del semivariograma para el intervalo de distancia  $h$ ;  $N(h)$  es el número de pares de puntos muestrales separados por el intervalo de distancia  $h$ ;  $z(x_i)$  es el valor de la variable de interés en el punto muestreo  $x_i$ , y  $z(x_i+h)$  es el valor de la variable de interés en el punto muestral  $x_i+h$ . Cualquier función matemática se puede utilizar para un modelo de semivariograma siempre que sea positiva y definida (Armstrong & Jabín 1981). Para la realización del semivariograma experimental correspondiente a cada muestreo de cada localidad se empleó el programa Variowin 2.2 (Software para el análisis de datos espaciales en 2D. Primavera Verlag, New York; EEUU) y WinGslib 2002. El semivariograma experimental se ajustó a algún semivariograma teórico. Los modelos teóricos comúnmente usados para ajustar los semivariogramas experimentales son: el esférico, el exponencial, el gaussiano, el logarítmico, el de efecto pepita puro, el de efecto agujero y el monómico Samper & Carrera (1996), Trematerra & Sciarretta (2002).

La validación del modelo teórico se realizó de forma que sucesivamente se determinaron las diferencias entre valores experimentales y estimados con los estadísticos de validación cruzada (Isaaks & Srivastava 1989, Hevesi et al. 1992). Los parámetros del modelo a validar (C0, efecto pepita, C, meseta y a, rango o alcance) se van modificando con el procedimiento de ensayo y error hasta la obtención de estadísticos de validación cruzada adecuados. Estos estadísticos son los siguientes:

a) Media de los errores de estimación (MEE):

$$MEE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [z^*(x_i) - z(x_i)]$$

Donde:  $z^*(x_i)$  es el valor estimado de la variable de interés en el punto  $x_i$ ;  $z(x_i)$  es el valor medido de la variable de interés en el punto  $x_i$  y  $n$  es el número de puntos muestrales utilizado en la interpolación. La MEE no debe ser significativamente distinta de 0 (Prueba de t), en cuyo caso, indicaría

que el modelo de semivariograma permite el cálculo de estimadores no sesgados.

b) Error cuadrático medio (ECM):

$$ECM = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [z^*(x_i) - z(x_i)]^2$$

Un modelo de semivariograma se considera adecuado si, como regla práctica, el valor del estadístico es cercano a cero (Hevesi et al. 1992).

c) Error cuadrático medio adimensional (ECMA):

$$ECMA = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{[z^*(x_i) - z(x_i)]}{\sigma_k}$$

Dónde:  $\sigma_k$  es la desviación estandar del error esperado en la estimación con el krigado. La validez del modelo se satisface si ECMA está comprendido entre los valores  $1 \pm 2 (2/N)^{0.5}$ .

d) Otro estadístico para validar el ajuste del modelo consiste en que el valor de la varianza de los errores sea menor a la varianza muestral.

El nivel de dependencia espacial se calculó con el fin de determinar la fortaleza de la relación entre los datos recogidos en el muestreo. Este valor se obtiene al dividir el efecto de pepita entre el borde inferior, expresado en porcentaje: menos del 25% se considera alto, entre el 26 y el 75% moderado y superior al 76% se considera bajo (Cambardella et al. 1994, López-Granados et al. 2002).

La elaboración de mapas se realizó mediante la interpolación de valores a través del "krigado" ordinario que permite la estimación no sesgada de valores asociados a puntos que no fueron muestreados. Las estimaciones obtenidas fueron representadas en forma de mapa para cada localidad de muestreo de gusano soldado mediante el uso del programa Surfer 8.0 (Surface Mapping System, Golden Software Inc. 809, 14th Street. Golden, Colorado 80401-1866, EEUU). El kriging es la técnica de interpolación utilizada en geostatística, con la que se ha estimado los mapas. Su fortaleza estriba en el conocimiento del comportamiento de la variable en el espacio. Así, la forma del semivariograma nos indica la capacidad predictiva que tiene cada punto en función de la distancia que lo separa con otro punto. Los puntos más allá del

rango, es decir cuando el semivariograma se vuelve plano, tienen la mínima capacidad predictiva.

A la hora de realizar un kriging hay que, además de suministrar los parámetros del semivariograma isotrópico o los anisotrópicos, decidir la estrategia adecuada para la selección de puntos para la interpolación. Si el número de valores en el espacio es suficiente, disminuir el radio de búsqueda de puntos puede ser la mejor estrategia, ya que evita problemas de estacionariedad, aunque hay que procurar que el radio de búsqueda no sea inferior al rango, ya que no se utilizaría toda la información que proporciona el semivariograma. En la mayoría de los casos la interpolación por bloques, que produce un suavizado de las estimas, correlaciona mejor con los valores verdaderos, siendo generalmente más exacta que la interpolación puntual (Isaaks & Srivastava 1989). El resultado final del kriging es un mapa con los valores interpolados de la variable. Sin embargo, a diferencia de otras técnicas, la geostatística permite que cada interpolación lleve asociado un grado de incertidumbre que puede también ser representado en el espacio en forma de varianza o desviación estándar.

El Análisis Espacial por Índices de Distancia (SADIE): El objetivo de SADIE es establecer el modelo espacial de una población muestreada midiendo la distancia a la cual pueden desplazarse los individuos de la muestra observada. Perry (1995) indicó que para datos recolectados en ubicaciones específicas el uso de la distancia para la regularidad es muy adecuado. Él mostró cómo distinguir no aleatoriedad en la forma de heterogeneidad estadística, de la no aleatoriedad espacial.

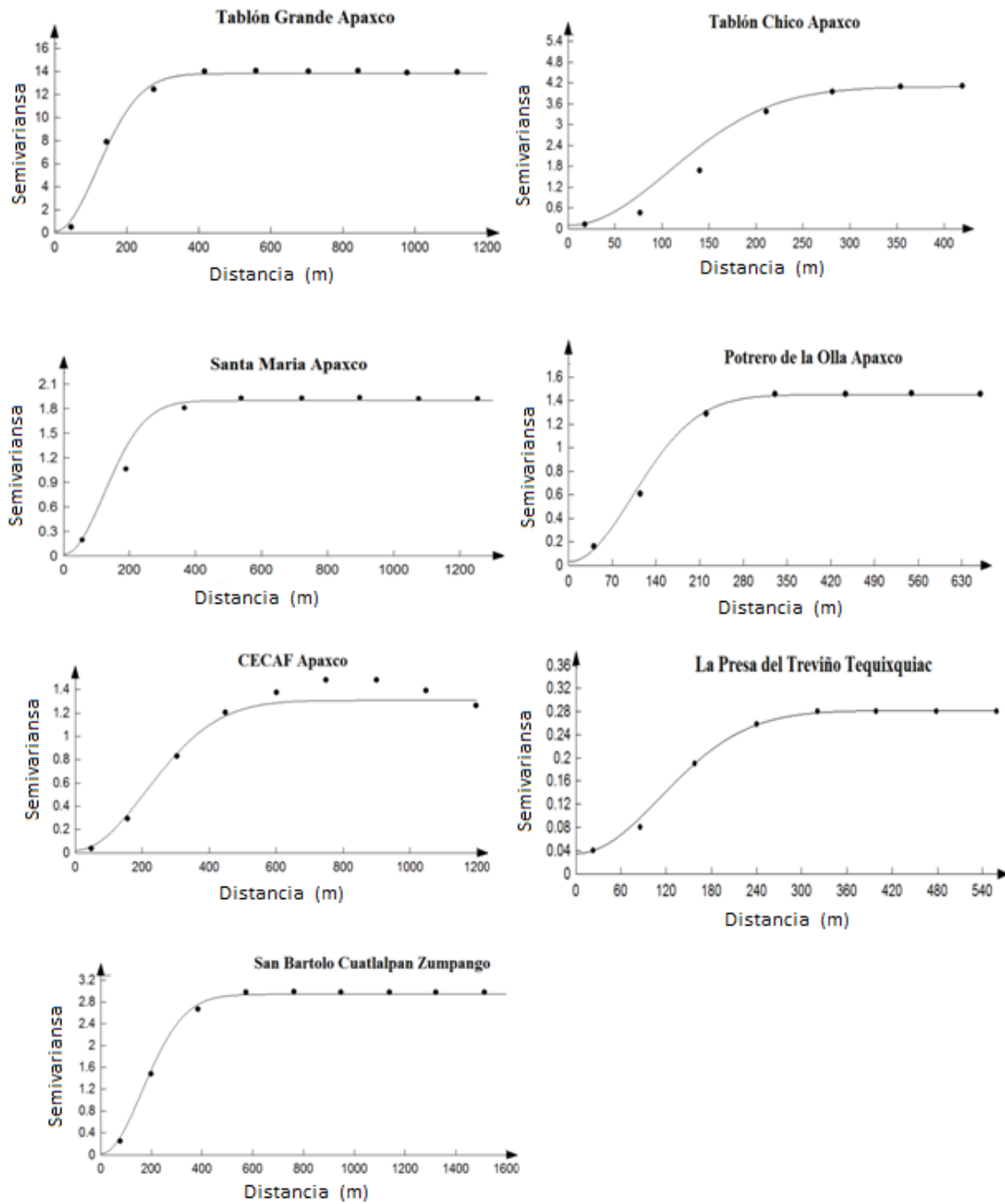
Perry (1995) desarrolló y extendió el uso del índice de la distancia para la regularidad *Ia* para el establecimiento de la estructura espacial de las poblaciones de insectos. Además, introdujo dos diagramas de diagnóstico como ayuda a la interpretación y un índice nuevo para estimar el número de focos de agrupamiento de una población, el índice *Ja*. Además señaló que la escala de muestreo es un determinante importante del patrón espacial total. Alston (1996) corroboró que la distancia para la regularidad (*D*) proporciona bases más adecuadas para elaborar un índice, ya que el índice de

agrupamiento desarrollado por Perry & Hewitt (1991) tiene serias limitaciones para detectar múltiples grupos, amontonamientos o parches. Una de las metas de la agricultura de precisión es dirigir las medidas de control, en este caso, sobre las zonas específicas de infestación del gusano soldado-plaga. Esta técnica determinaría un posible ahorro económico y una reducción de la cantidad del volumen de insecticida aplicado (Pierce & Nowak 1999).

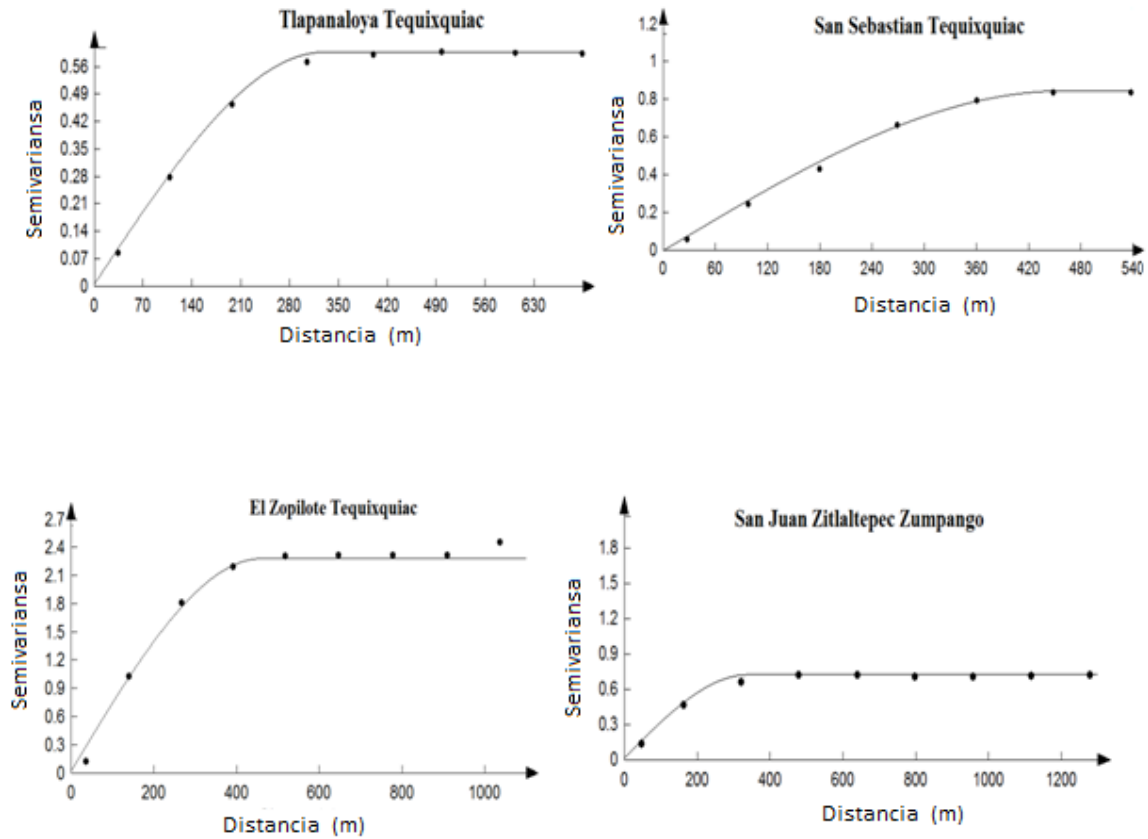
## RESULTADOS

Las técnicas geoestadísticas empleadas en la realización de los muestreos de las once localidades de los tres municipios del Estado de México, permitieron generar la modelación espacial y el mapeo de la incidencia de gusano soldado (*M. unipuncta*) en 2008. Utilizando estas técnicas, se estableció el porcentaje estimado de incidencia por localidad, en los municipios de Apaxco, Tequixquiac y Zumpango. Se presentó una incidencia de 1.32 a 1.78 % considerada como leve, en las localidades de La Presa del Trebiño, San Sebastián y Tlapanaloja. Para las localidades de CECAF, Potrero de la Olla, Santa María Apaxco, El Zopilote, San Juan Zitlaltepec y San Bartolo Cuatlalpan se presentó una incidencia de 2.12 a 3.18 %, considerada como moderada. En las localidades de Tablón Chico y Tablón Grande la incidencia fue de 5.03 a 5.73 %, considerada fuerte. La mayor incidencia en campo se presentó en la localidad de Tablón Grande municipio de Apaxco con un 16 % (Tabla 1). La superficie total de incidencia de la plaga en los tres municipios de estudio fue de 311.2 ha (Tabla 1) en 2008.

Los parámetros estadísticos de la validación cruzada (Tabla 2) permitieron validar los semivariogramas experimentales ajustándolos a modelos teóricos, los semivariogramas de siete localidades se ajustaron al modelo gaussiano (Figura 1, Tabla 2) y cuatro localidades se ajustaron al modelo con una estructura espacial esférico (Figura 2, Tabla 3). Indicando una estructura espacial agregada de gusano soldado (*M. unipuncta*) en las zonas de estudio.



**Figura 1.** Semivariogramas de gusano soldado, ajustados al modelo gaussiano, en siete localidades en 2008



**Figura 2.** Semivariogramas de gusano soldado, ajustados al modelo esférico en cuatro localidades en 2008

**Tabla 2.** Parámetros de los modelos teóricos ajustados a los semivariogramas de gusano soldado (*Mythinna unipuncta*), por municipio y localidad en el Estado de México en 2008.

No.	Municipio	Localidad	Modelo	Pepita	Meseta	Alcance o rango	Pepita/ Meseta (%)	NDE
1	Apaxco	CECAF	Gaussiano	0.026	1.28	516.00	2.02	Alta
		Potrero de la Olla	Gaussiano	0.036	1.42	250.80	2.53	Alta
		Santa María Apaxco	Gaussiano	0.023	1.88	299.00	1.22	Alta
		Tablón Chico	Gaussiano	0.112	3.99	264.15	2.80	Alta
		Tablón Grande	Gaussiano	0.169	13.75	948.36	1.24	Alta
2	Tequixquiac	La Presa del Trebiño	Gaussiano	0.036	0.24	274.40	14.56	Alta
		San Sebastián	Esférico	0.000	0.84	459.00	0.00	Alta
		Tlapanaloya	Esférico	0.007	0.59	329.00	1.18	Alta
		El Zopilote	Esférico	0.027	2.26	459.98	1.19	Alta
3	Zumpango	San Bartolo Cuatlalpan	Gaussiano	0.033	2.92	400.00	1.13	Alta
		San Juan Zitlaltepec	Esférico	0.021	0.70	338.00	2.96	Alta

\*(NDE) Nivel de dependencia espacial

**Tabla 3.** Valores de los estadísticos de la validación cruzada de los semivariogramas obtenidos en el muestreo de gusano soldado (*Mythimna unipuncta*), por municipio y localidad en el Estado de México en 2008.

No.	Municipio	Localidad	Tamaño de muestra	Media Muestral	Varianza Muestral	MEE	VE	ECM	ECMA
1	Apaxco	Tablón Grande	110	3.0727	16.4128	0.12 <sup>ns</sup>	11.3423	0.12	1.11
		Tablón Chico	110	1.5688	5.5847	0.11 <sup>ns</sup>	3.0952	0.08	1.10
		Sta. María Apaxco	110	0.7818	2.2433	0.13 <sup>ns</sup>	1.4729	0.05	1.09
		Potrero de la olla	110	0.8181	1.7123	0.10 <sup>ns</sup>	1.1672	0.03	1.12
		CECAF	110	0.7909	1.2017	0.10 <sup>ns</sup>	1.1151	0.07	1.11
2	Tequixquiac	Tlapanaloya	110	0.4272	0.6083	0.12 <sup>ns</sup>	0.4218	0.04	1.11
		San Sebastián	110	1.0363	1.1441	0.11 <sup>ns</sup>	0.9641	0.05	1.13
		La Presa del Treviño	110	0.3000	0.3554	0.10 <sup>ns</sup>	0.1672	0.07	1.10
		El Zopilote	110	1.9529	2.6330	0.11 <sup>ns</sup>	1.2842	0.08	1.09
3	Zumpango	San. Bartolo Cuatlalpan	110	1.3909	3.2926	0.12 <sup>ns</sup>	2.8284	0.13	1.05
		San Juan Zitlaltepec	110	0.8454	2.0761	0.11 <sup>ns</sup>	1.5392	0.12	1.11

\* $1 \pm 2 (2/N) 0.5 = 1 \pm 0.45$ , ns: no significativo al  $P \leq 0.05$

MEE: Media de los errores de estimación

ECM: Error cuadrático medio

ECMA: Error cuadrático medio adimensional

VE: Varianza de los errores

De once localidades de estudio los semivariogramas de los modelos obtenidos, diez presentaron valores del efecto pepita cercanos a cero y una de cero, lo cual indica que en su totalidad de la variación de la distribución de la plaga se explicó por la estructura espacial en los semivariogramas (Tabla 2).

Los valores encontrados en los rangos de los modelos teóricos ajustados a los semivariogramas fueron entre 250.80 a 948.36 m, lo cual explica los diferentes tipos de agregación de la plaga de gusano soldado (*M. unipuncta*) en las zonas de estudio. Los valores dentro del rango apropiado de los estadísticos de validación cruzada permitieron validar los modelos de los semivariogramas. El nivel de dependencia espacial encontrada en las once localidades de estudio fue alta (Tabla 2).

En todos los modelos validados se lograron establecer mapas de agregación (Figura 3) de incidencia de la plaga lo que permitió su visualización.

Las dimensiones variables en los mapas de la once localidades, se debe a las diferencias de las parcelas donde se ubicaron los 110 puntos geográficos por localidad.

Los mapas obtenidos de la superficie infestada en los muestreos de las once localidades mostraron que las poblaciones de gusano soldado se ubicaron en centros de agregación, lo que indica que la distribución de la plaga, se localiza en puntos específicos o focos de incidencia distribuidos en la zona de estudio para el 2008. Las cinco localidades del municipio de Apaxco muestran centros de agregación en la región central del mapa con tendencias hacia a las orillas del mismo (Figura 3). Las cuatro localidades de municipio de Tequixquiac mostraron centros de agregación dispersos en todos los mapas. Las localidades del municipio de Zumpango mostraron centros de agregación muy específicos en los mapas (Figura 3).



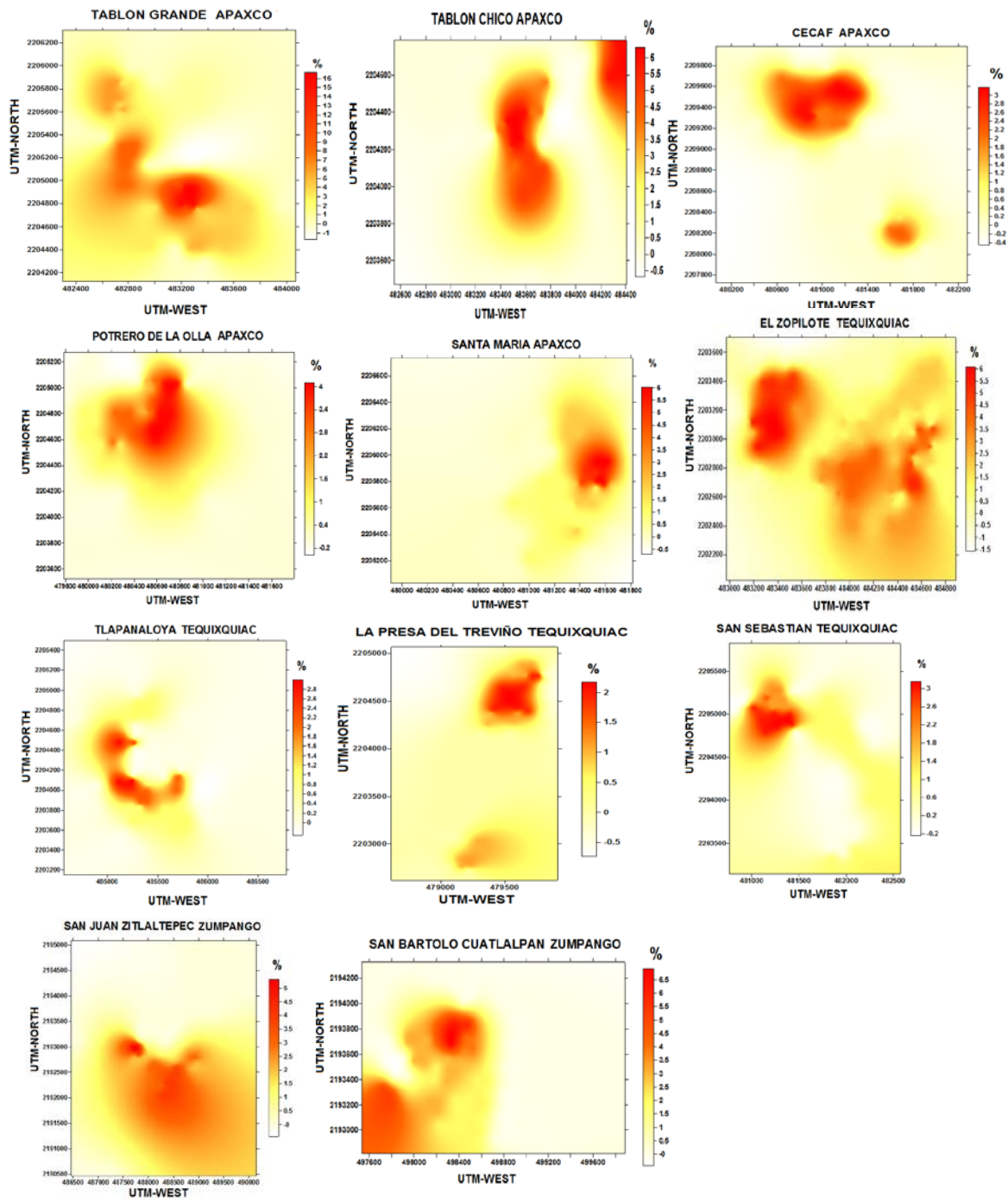


Figura 3. Mapas de densidad de gusano soldado (*Mythimna unipuncta*), por municipio y localidad en el Estado de México en 2008 (% de incidencia).

El nivel de dependencia espacial en las once localidades de estudio estuvo entre 0 y 14.56 lo cual expresa una dependencia espacial alta (Tabla 3). Las localidades con los mayores porcentajes de superficie estimada sin infestación fueron: Tlapanaloya con 46 % y CECAF con un 30 %. Por otra parte las localidades con un mayor porcentaje de superficie estimada infestada fueron: Tablón Chi-

co, San Sebastián, San Bartolo Cuatlalpan, San Juan Zitlaltepec, La Presa del Trebiño, Tablón Grande, Santa María Apaxco, Potrero de la Olla y El Zopilote con infestación de 73 a 92 %, ninguna de las localidades presentó una área de infestación del 100% (Figura 3, Tabla 4).

**Tabla 4.** Estimación del porcentaje de superficie infestada y no infestada, obtenidos en el muestreo de gusano soldado (*Mythimna unipuncta*), por municipio y localidad en el Estado de México en 2008.

No.	Municipio	Localidad	Superficie estimada (%)	
			Infestada	No Infestada
1	Apaxco	CECAF	70	30
		Potrero de la Olla	85	15
		Santa María Apaxco	88	12
		Tablón Chico	73	27
		Tablón Grande	84	16
2	Tequixquiac	La Presa del Trebiño	86	14
		San Sebastián	73	27
		Tlapanaloya	54	46
		El Zopilote	92	8
3	Zumpango	San Bartolo Cuatlalpan	79	21
		San Juan Zitlaltepec	78	22

En el análisis espacial por índice de distancia (SADIE) se observó que el índice  $I_a$  más alto, de 1.71, ocurrió en la localidad de Potrero de la Olla municipio de Apaxco, y el más bajo de 1.41 en la

localidad de San Bartolo Cuatlalpan municipio de Zumpango (Tabla 5). En todos los casos el índice  $I_a$  fue significativamente superior a 1 lo que indica una distribución espacial agregada.

**Tabla 5.** Valor de los índices  $I_a$  y  $J_a$  y sus respectivas probabilidades en  $P_a$  y  $Q_a$  en la población de gusano soldado (*Mythimna unipuncta*), por municipio y localidad en el Estado de México en 2008.

No.	Municipio	Localidad	$I_a$	$P_a$	$J_a$	$Q_a$
1	Apaxco	CECAF	1.44	0.004 <sup>s</sup>	1.11	0.261 <sup>ns</sup>
		Potrero de la Olla	1.71	0.009 <sup>s</sup>	1.22	0.316 <sup>ns</sup>
		Santa María Apaxco	1.66	0.004 <sup>s</sup>	1.21	0.123 <sup>ns</sup>
		Tablón Chico	1.61	0.010 <sup>s</sup>	1.17	0.201 <sup>ns</sup>
		Tablón Grande	1.50	0.011 <sup>s</sup>	1.20	0.124 <sup>ns</sup>
2	Tequixquiac	La Presa del Trebiño	1.57	0.009 <sup>s</sup>	1.23	0.132 <sup>ns</sup>
		San Sebastián	1.48	0.015 <sup>s</sup>	1.22	0.209 <sup>ns</sup>
		Tlapanaloya	1.51	0.011 <sup>s</sup>	1.15	0.262 <sup>ns</sup>
		El Zopilote	1.60	0.014 <sup>s</sup>	1.18	0.231 <sup>ns</sup>
3	Zumpango	San Bartolo Cuatlalpan	1.41	0.015 <sup>s</sup>	1.18	0.266 <sup>ns</sup>
		San Juan Zitlaltepec	1.49	0.019 <sup>s</sup>	1.25	0.208 <sup>ns</sup>

ns: no significativo al 5% y s: significativo al 5%

En cuanto al índice  $J_a$ , el valor mayor se dio en la localidad de San Juan Zitlaltepec municipio de Zumpango con 1.25 y el menor valor en la localidad de CECAF municipio de Apaxco con 1.11

(Tabla 5). El índice  $J_a$  en las once localidades también fue superior a la unidad, por lo que se confirma la agregación.

## DISCUSIÓN

En el presente estudio el nivel de dependencia espacial mostró que la distribución fue agregada en la plaga de gusano soldado en el cultivar de maíz, en las once localidades de los tres municipios del Estado de México. La incidencia de la plaga en siete localidades de estudio se presentó de moderada a fuerte, lo cual indica un comportamiento de agregación alto. El nivel de dependencia espacial en las once localidades se obtuvo al dividir el efecto pepita entre la meseta y se expresó el resultado en porcentaje. Este fue menor al 25% por lo que el nivel de dependencia espacial en todas las localidades fue alto, lo que indicó una distribución agregada de la plaga de gusano soldado (Cambar-della et al. 1994, López & Granados et al. 2002). El comportamiento de tipo agregado en las poblaciones de gusano soldado en el cultivar de maíz, permite sugerir que la reducción de sus infestaciones se puede lograr al focalizar las estrategias de manejo hacia puntos específicos o focos de infestación en donde se ubica los puntos de agregación y se visualizan a través de los mapas generados, concordando con lo propuesto por Rong et al. (2006) para el manejo de *Locusta migratoria manilensis* (Meyen) en puntos específicos.

El valor cercano a cero y cero en el efecto pepita en las once localidades indica que el error de muestreo fue mínimo y que la escala de muestreo para cada localidad fue el adecuado (Rossi et al. 1992), lo que significó que el 100% que la variación de la distribución del gusano soldado se explicó por la estructura espacial establecida en los semivariogramas respectivos.

Las localidades San Sebastián, Tlapanaloya y El Zopilote en el municipio de Tequixquiac y San Juan Zitlaltepec en el municipio de Zumpango, se ajustaron a un modelo esférico lo cual nos indicó que existen zonas donde se manifiesta más la plaga de gusano soldado. Lo anterior significa los centros de agregación de la plaga son aleatorios dentro de la zona de infestación de la parcela, posiblemente como resultado del tipo de diseminación del insecto que se da a través de un crecimiento rápido cercano al origen, lo cual origina infestaciones en zonas específicas, dichas zonas se observan en los mapas obtenidos. Los incrementos marginales van decreciendo para distancias grandes, hasta que para distancias superiores al rango los incrementos son nulos, esto es debido a las condiciones de temperatura y fenología del cultivo de maíz (Shaoxiang & Jeffrey 2002).

Las siete localidades restantes de estudio se ajustaron a un modelo gaussiano, lo cual indicó que la plaga se expresó en forma continua dentro de las parcelas de maíz, lo que implica el avance de las infestaciones en parcelas aledañas a pesar de que nunca alcanzó una infestación del 100%, como se puede observar en los mapas obtenidos. Esto nos permitió afinar la existencia de diversos factores de medio ambiente que le favorece, como son las condiciones de humedad, una menor temperatura en el desarrollo de las poblaciones de gusano soldado, debido a que su desarrollo larval es más rápido (Gregory & Raney 2001). La alta dependencia espacial permite suponer que las poblaciones de gusano soldado dependen entre sí y su nivel de agregación es alto (Rossi et al. 1992). La validación de los semivariogramas en las once localidades de estudio, corroboró la distribución agregada de la plaga lo cual permitió tener mayor seguridad del método de muestreo y la escala de incidencia utilizados.

La determinación de una estructura agregada en la modelación de la distribución espacial de gusano soldado en el cultivar de maíz se logró realizar con el uso de la geoestadística. Dicha modelación concuerda con lo encontrado por Bressan et al. (2010) con *Pentastiridius leporinnus* L., en campos de trigo. También es consistente con lo encontrado por Sciarretta et al. (2011) con la mosca mediterránea de la fruta, (*Ceratitis capitata*) en huertos mixtos melocotón en centro de Italia. Así como Ramírez et al. (2011) en *Bactericera cockerelli*, Solares et al. (2011) en trips y Ramírez & Porcayo (2009) en entes biológicos tales como el muérdago enano (*Arceuthobium* sp.).

Los valores de cero y cercanos a cero, en el efecto pepita en los modelos gaussiano y esférico, permitieron confirmar que la escala de muestreo fue la correcta y que el error de muestreo fue mínimo (Oliver & Webster 1991) por lo que los modelos ajustados tiene un 98% de credibilidad (Liebhol & Sharov 1998), además las funciones estadísticas permitieron validar los modelos de las once localidades de estudio.

El análisis geoestadístico de la plaga de gusano soldado en el Estado de México, demostró ser apropiado para determinar los patrones espaciales y la elaboración de mapas de distribución espacial y concuerda también con lo encontrado por Jiménez et al. (2008) en *Curculio elephas* Gyllenhal en

encina (*Quercus ilex* L.) en una dehesa del sur de España.

En los mapas de densidad se observan los centros de agregación de las poblaciones de gusano soldado, que desde el punto de vista fitosanitario permite dirigir de forma precisa las diferentes medidas de control del insecto (Fleischer et al. 1997, Rong et al. 2006) generando beneficios económicos al realizar las aplicaciones de plaguicidas en puntos muy específicos de los cultivares (Fleischer et al. 1999), además nos permite visualizar la variabilidad poblacional e identificar áreas infestadas y libres de infestación. Dichos mapas pueden conducir al manejo con precisión de plaga tal como lo mencionan Fleischer et al. (1997). Paralelamente, Weisz et al. (1996) señalan que los mapas pueden llegar a ser de gran ayuda en el manejo con precisión de insectos plaga, proporcionando una herramienta para obtener ahorros económicos al reducir la cantidad de insecticida a utilizar. Como lo confirman Sciarretta & Trematerra (2006) en realizar estrategias de control dirigidas a los centros de agregación.

Los mapas permitieron identificar áreas infestadas y libres de infestación, tal apreciación permite indicar que la plaga de gusano soldado no invade el 100% de la superficie de los cultivares de maíz en la región oriente del Estado de México. La determinación de áreas libres de infestación de gusano soldado dentro de los cultivares de maíz, concuerdan con lo reportado por Ramírez & Porcayo (2008) quienes obtuvieron mapas con áreas libres de infestación de *Jacobiasca líbica* en viñedos, aplicando esta misma técnica de la geoestadística.

Con respecto a los resultados de análisis espacial por índice de distancia SADIE de gusano soldado (*M. unipuncta*) por municipio y localidad. El valor del índice *Ia* en todos los casos fue superior a uno de forma significativa en las 11 localidades, este hecho confirma que indica una distribución espacial agregada de las poblaciones de gusano soldado en 2008. El índice *Ja* también registró valores superiores de la unidad, lo que permite confirmar la agregación hallada con el índice *Ia*. Este tipo de índices establecidos con el SADIE tienen la gran ventaja sobre los índices de estadística clásica en

que la localización espacial de la muestra es tenida en cuenta, además de ser más intuitivos y biológicos que los índices no espaciales (Perry 1995).

El índice *Ja* también indica si la estructura espacial agregada se encuentra dispuesta en uno o varios centros de agregación. En el presente estudio, basándonos en el índice *Ja* encontramos la existencia de varios centros de agregación. También se sugiere la utilización del SADIE en trabajos posteriores para analizar el patrón espacial con datos a diferentes escalas y a través de diversos periodos de tiempo, tal y como lo sugieren de forma general para insectos Perry (1998) y Ferguson et al. (2000).

## CONCLUSIONES

La distribución espacial de gusano soldado (*Mythimna unipuncta*) se logró explicar con los semivariogramas geoestadísticos, lo que permitió identificar el comportamiento de agregación en los mapas realizados con el krigado y así justificar el uso de las técnicas de agricultura de precisión para el control de la plaga donde se presenta.

Los resultados obtenidos con las técnicas de la geoestadística mostraron la existencia de una estructura espacial agregada, siendo en nivel de dependencia alta para las 11 localidades en estudio. Los análisis con SADIE y geoestadísticos presentaron un patrón espacial agregado, en las 11 localidades de estudio, de la plaga de gusano soldado.

Se identificaron áreas libres de incidencia, lo que permitió dirigir las medidas de control sobre áreas específicas de presencia de la plaga o rotación de cultivo.

## AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México (CONACYT) por su apoyo económico para la realización del proyecto y a la Universidad Autónoma del Estado de México.

## LITERATURA CITADA

Armstrong, M. & R. Jabin. 1981. Variogram models must be positive-definite. *Mathematical Geology*, 13: 455-459.

- Burrough, P. A. & R. A. McDonnell. 1998. Principles of geographical information systems. Oxford Univ. Press, New York.
- Bressan, A., J. F. Moral, O. Semetey. & E. Boudon-Paidieu. 2010. Spatiotemporal pattern of *Pentastiridius Leporinus* migration in an ephemeral cropping system: Agricultural and Forest Entomology, 12: 59-68.
- Brooklyn Botanic-Garden. 2001. Control natural de insectos, Trillas, México.
- Boiteu, G., J. Bradley, J. Van Duyn & R. Stinner. 1979. Bean leaf beetle: micro-spatial patterns and sequential sampling of field populations. Environmental Entomology, 8: 1139-1140.
- Blom, E. & S. Fleischer. 2001. Dynamics in the spatial structure of *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae). Environmental Entomology, 30: 350-364.
- Cambardella, C., T. Moorman, J. Novak, T. Parkin, D. Karlen, R. Turco & A. Konopka. 1994. Field scale variability of soil properties in central Iowa soils. Soil Science Society of American Journal, 58: 1501-1511.
- CESAVEM. 2008. Programa de trabajo de la campaña manejo fitosanitario del cultivo del maíz. SENASICA-SAGARPA- SEDAGRO. Toluca, Estado de México.
- Dungan, J. L., J. N. Perry, M. R. T. Dale, S. Citron-Pousty & M. Rosenberg. 2002. A balanced view of scaling in spatial statistical analysis. Ecography, 25: 626-640.
- Emery, X. 2005. Simple and ordinary multigaussian kriging for estimating recoverable reserves. Mathematical Geology, 37(3): 295-319.
- Fleischer, S., R. Weisz, Z. Smilowitz & D. Midgrade. 1997. Spatial variation in insect populations and site-specific integrated pest management. Pp. 101-130, in: The state of site-specific management for agriculture (F. J. Pierce & E. J. Sadler, eds.) ASA miscellaneous Publication. Madison.
- Fleischer, J., E. P. Blom & R. Weisz. 1999. Sampling in precision IPM: When the objective is a map. Phytopathology, 89: 115-118.
- Ferguson, W., Z. Klukowski, B. Walczak, J. Perry, M. Muggleston, S. Clark & I. Williams. 2000. The spatio-temporal distribution of adult *Ceutorhynchus assimilis* in a crop of winter oilseed rape in relation to the distribution of their larvae and that of the parasitoid *Trichomalus perfectus*. Entomologia Experimentalis et Applicata, 95:161-171.
- Goovaerts, P. 2000. Geostatistical approaches for incorporating elevation into the spatial interpolation of rainfall. Journal of Hydrology, 228: 113-129.
- Gregory, W. W. & H. G. Raney. 2001. Pests and their control, insect management. Pp.55-63. In: No Tillage Research: reports and Reviews (R. E. Phillip, G. W. Thomas & R. L. Blevins, eds). University of Kentucky, College of Agriculture and Agricultural Experiment Station, Lexington.
- Hulbert, S. 1990. Spatial distribution of the montane unicorn. Oikos, 58: 257-271.
- Isaaks, E. H. & R. M. Srivastava. 1989. An introduction to applied geostatistics. Oxford University Press, New York.
- Jiménez, A., M. A. López & J. González-Andújar. 2008. Distribución espacial y mapeo de *Curculio elephas* Gyllenhal en encina (*Quercus ilex* L.). Agrociencia, (12): 35-43.
- Legendre, P. & M. J. Fortin. 1989. Spatial pattern and ecological analysis. Vegetation, 80: 107-138.
- Liebhold, A. & A. Sharov. 1998. Testing for correlation in the presence of spatial autocorrelation in insect count data. Population and Community Ecology for Insect Management and Conservation. 1-117.
- López-Granados, F. & M. Jurado-Expósito, S. Atenciano, A. García-Ferrer, M. Sánchez, L. García-Torres. 2002. Spatial variability of agricultural soil parameters in southern Spain. Plant and Soil, 246: 97-105.
- Nansen, C., W. G. Meikle & S. Korie. 2002. Spatial analysis of *Prostephanus truncatus* (Bostrichidae: Coleoptera) flight activity near maize stores and in different forest types in southern Benin, West Africa. Annals of the Entomological Society of America, 95: 66-74.
- NOM-081-FITO. 2001. Manejo y eliminación de focos de infestación de plagas, mediante el establecimiento o reordenamiento de fechas de siembra, cosecha y destrucción de residuos. Norma oficial Mexicana. Diario oficial de la federación. México, D. F.
- Oliver, M. & R. Webster. 1991. How geostatistics can help you. Soil Use and Management, 7: 206-217.
- Ortiz, M. & X. Emery. 2006. Geostatistical estimation of mineral resources with soft geological boundaries: a comparative study. Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy, 106(8): 577-584.

- Perry, J. N. 1995. Spatial aspects of animal and plant distribution in patchy farmland habitats. Pp: 221-242, in: Ecology and integrated farming systems. (D. M. Glen, M. A. Greaves & H. M. Anderson, eds). Chichester, England.
- Perry, J. N. & Z. Klukowsky. 1997. Spatial distributions of counts at the edges of sample areas. VI Conferencia de la Sociedad de Biometría. Córdoba, España, 103-108.
- Perry, J. N. 1998. Measures of spatial pattern for counts. *Ecology*, 79(3): 1008-1017.
- Perry, J. N., L. Winder, J. Holland & R. Alston. 1999. Red- blue plots for detecting clusters in count data. *Ecology Letters*, 2: 106-113.
- Perry, J. N., P. Dixon. 2002. A new method for measuring spatial association in ecological count data. *Ecoscience*, 9: 133-141.
- Perry, J. N., A. Liebhold, M. S. Rosenberg, J. Dungan, M. Miriti, A. Jakomulska & S. Citron-Pousty. 2002. Illustration and guidelines for selecting statistical methods for quantifying spatial patterns in ecological data. *Echography*, 25: 578-600.
- Ramírez, J. F. & E. Porcayo. 2008. Distribución espacial de las ninfas de *Jacobiasca líbica* (Hemiptera: Cicadellidae) en viñedo en Andalucía, España. *Revista Colombiana de Entomología*, 34: 169-175.
- Ramírez, J. F. & E. Porcayo. 2009. Estudios de la distribución espacial del muérdago enano (*Arceuthobium* sp.) en el Nevado de Toluca, Mexico, utilizando el método de SADIE. *Madera y Bosques*, 34: 93-111.
- Ramírez, D. J. F., C. E. Porcayo & P. J. R. Sánchez. 2011. Análisis de la distribución espacial de *Bactericera cockerelli* Sulc (Hemiptera: Triozidae) en *Solanum tuberosum* L. en Donato Guerra, México. *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle*, 12(1): 12-24.
- Rivoirard, J., J. Simmonds, K. Foote, P. Fernandez & N. Bez. 2000. *Geostatistics for estimating fish abundance*. Blackwell Science, Oxford.
- Rong, J., L. Dian-Mo, X. Bao-Yu, L. Zhe & M. Dong-Li. 2006. Spatial distribution of oriental migratory locust (Orthoptera: Acrididae) egg pod populations: Implications for site-specific pest management. *Environmental Entomology*, 35: 1244-1248.
- Ross, C. J. S. 1987. Maximum Likelihood program. Rothamsted experimental station. Harpenden, U.K.
- Rossi, R., J. Mulla, G. Journel & H. Franz. 1992. Geostatistical tools for modeling and interpreting ecological spatial dependence. *Ecological Monographs*, 62: 277-314.
- Ruesink, W. 1980. Introduction to sampling theory. Pp. 61-78, in: *Sampling methods in soybean entomology*. (M. Kogan & D. Herzo, eds). Springer Verlag, New York.
- SAGARPA. 2010. Anuario estadístico de la producción agrícola en México. México, D. F.
- Samper, F. J. & J. Carrera 1996. *Geoestadística: Aplicaciones a la hidrología subterránea*. 2ª ed. Centro Internacional de Métodos en Ingeniería. Barcelona.
- Sawyer, J. 1989. Inconstancy of Taylor's b: simulated sampling with different quadrat sizes and spatial distributions. *Research on Population Ecology*, 31: 11-24.
- Sciarretta A. & P. Trematerra 2006. Geostatistical characterization of the spatial distribution of *Grapholita molesta* and *Anarsia ineatella* males in an agricultural landscape. *Journal of Applied Entomology*, 130: 73-83.
- Sciarretta, A. & P. Trematerra. 2011. Spatio-temporal distribution of *Ceratitidis capitata* population in a heterogeneous landscape in Central Italy. *Journal of Applied Entomology*, 135: 241-251.
- SENASICA. 2005. Manual fitosanitario contra el gusano soldado. Dirección General de Sanidad Vegetal. SAGARPA. México, D. F.
- Shaoxiang, Ni. & A. Jeffrey. 2002. Spatial clustering of rangeland grasshoppers (Orthoptera: Acrididae) in the Qinghai Lake region of northwestern China. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 95: 61-68.
- Sokal, R. & F. Rohlf. 1995. *Biometry: The principles and practice of statistics in biological research*. 3a edición. Freeman, New York.
- Solares, A. V. M., D. J. F. Ramírez & P. J. R. Sánchez. 2011. Distribución espacial de trips (Insecta: Thysanoptera) en el cultivo de aguacate (*Persea americana* Mill.). *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle*, 12(2): 1-12.
- Syrjala, E. 1996. A statistical test for a difference between the spatial distributions of two populations. *Ecology*, 77(1): 75-80.
- Taylor, L. 1961. Aggregation, variance and the mean. *Nature*, 189: 732-735.
- Taylor, L. 1984. Assessing and interpreting the spatial distributions of insect populations. *Annual Review of Entomology*, 29: 321-357.

- Thomson-PLM. 2007. Diccionario de especialidades agroquímicas. Fertilizantes, agroquímicos y productos orgánicos. PLM DEAQ. México, D. F.
- Trematerra, P. & A. Sciarretta. 2002. Spatial distribution of some beetles infesting a feed mill with spatio-temporal dynamics of *Oryzaephilus surinamensis*, *Tribolium castaneum* and *Tribolium confusum*. *Journal of Stored Products Research*, 40: 363-377.
- Trematerra, P., P. Gentile & A. Sciarretta. 2004. Spatial analysis of pheromone trap catches of codling moth (*Cydia pomonella*) in two heterogeneous agro-ecosystems, using geostatistical techniques. *Phytoparasitica*, 32(4): 325-341.
- Wackernagel, H. 1998. *Multivariate geostatistics: An introduction with applications*. 2ª Ed. Springer Verlag, Berlin.
- Webster, R. & M. A. Oliver. 2001. *Geostatistics for environmental scientists*. John Wiley & Sons, Chichester. United Kingdom.
- Weisz, R., S. Fleischer & Z. Smilowitz. 1996. Site-specific integrated pest management for high value crops: Sample units for map generation using the Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) as a model system. *Journal of Economic Entomology*, 88: 1069-1080.
- Winder, L., C. Wooley, J. M. Holland, J. N. Perry & C. J. Alexander. 2000. The field-scale distribution of insects in winter wheat. *Proceedings of the 2000 Brighton Conference- Pests and Diseases*, 2: 573-578.

*Recibido mayo 18, 2012, publicado julio 2012*