



Avances en Investigación Agropecuaria

ISSN: 0188-7890

revaia@ucol.mx

Universidad de Colima

México

Ramírez, J. F.; Porcayo, E.; Mejía, O.

Comportamiento espacial de larvas de *Jacobiasca lybica* (Hemiptera: Cicadellidae) en Andalucía,
España: modelización y mapeo

Avances en Investigación Agropecuaria, vol. 14, núm. 3, 2010, pp. 47-62

Universidad de Colima

Colima, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83715746004>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Comportamiento espacial de larvas de *Jacobiasca lybica* (Hemiptera: Cicadellidae) en Andalucía, España: modelización y mapeo

Spatial behavior of the larvae *Jacobiasca lybica* (Hemiptera: Cicadellidae) in Andalusia, Spain: Modelization and mapping

Ramírez, J. F.;^{1*} Porcayo, E.² y Mejía, O.¹

¹ Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM). Centro Universitario el Cerrillo Piedras Blancas Km. 15 Carr. Toluca-Ixtlahuaca entronque con Tlachaloya (A. P. 829). Tels. 01(722) 296-65-74 y Fax: 296-55-18 Ext. 139

² El Colegio de la Frontera Sur, Unidad San Cristóbal, carretera Panamericana y Periférico Sur s/n Barrio de María Auxiliadora Tel. (967) 674 90 00 Fax (967)674 90 21, San Cristóbal de Las Casas, Chiapas (C. P. 29290) (A. P. 63).

Correo e: elvia_pcamargo@yahoo.com.mx

*Correspondencia: jframirez@uaemex.mx / ziddemisar@yahoo.com.mx

Resumen

En este trabajo se logró determinar el comportamiento espacial de las larvas del mosquito verde *Jacobiasca lybica* (Bergenin and Zanon), a lo largo de un año en una parcela de regadío. Los resultados demostraron que las poblaciones de larvas dentro de la zona de estudio presentaron un tipo de distribución agregada, formándose varios centros de agregación, hecho corroborado por los mapas elaborados mediante el Krigado. Se consiguió detectar una estabilidad espacio-temporal de las poblaciones de larvas. La infestación no fue uniforme.

Palabras clave

Geostatística, estabilidad espacial y temporal, superficie infestada.

Abstract

This study was conducted to determine the spatial behavior of the green mosquito *Jacobiasca lybica* (Bergenin and Zanon) larvae during a year in an irrigated experimental plot. The results indicated that populations of larvae within the study area showed a type of aggregate distribution, forming various centers of aggregation, a fact corroborated by the maps produced by Krigado. The infestation was not uniform and a spatial-temporal stability of larval populations was detected.

Key words

Geostatistics, spatial and temporal stability, surface infestation.

Introducción

Los vinos de Jerez se encuentran entre los productos con más tradición exportadora y su presencia en el mercado internacional supera los 120 países. En la actualidad, de las 10,500 ha que tiene el Marco de Jerez, casi el 96% corresponde a la variedad Palomino fino, 3% a la Pedro Ximénez y un 1% al Moscatel de Chipiona. Entre las características particulares de la zona se destaca la poda de “vara y pulgar”, genuina de Jerez, que sacrifica el rendimiento de las primeras cosechas en beneficio de la buena madera de la planta, que alcanza la plena producción en el cuarto o quinto año de vida. La conducción moderna se realiza en tutores o espalderas (García de Luján *et al.*, 1990). La variedad Palomino fino es fundamental para la elaboración de los vinos de la zona; se adapta de forma excelente a la poda jerezana y a los suelos de laguna salobre o albariza, siendo en estos suelos en donde se obtienen los zumos de mayor calidad; y además, la variedad es básica para la elaboración de los vinos de Jerez (Fernández de Bobadilla, 1956).

Actualmente se está reduciendo la cantidad de hectáreas cultivadas de vid dentro de Jerez; uno de los principales motivos es la aparición del mosquito verde *Jacobiasca lybica* (Bergenin and Zanon), el cual se está convirtiendo en un serio problema fitosanitario para la región. Se conoce como “mosquito verde” a un grupo de insectos chupadores, cicadélidos, que afectan a la viña y a un gran número de plantas silvestres y cultivadas. Las especies encontradas son varias (Freitas y Amaro, 2001; Mazzoni *et al.*, 2001).

Los daños directos se limitan a las hojas. Con su aparato chupador ataca principalmente los nervios de las hojas, provocando la decoloración y posterior necrosamiento de los bordes del limbo foliar en variedades blancas, como es el caso del Palomino fino (López, 1997). Ello conlleva a una defoliación, cuya intensidad depende del nivel de ataque y de la propia susceptibilidad de la vinífera (Baillod *et al.*, 1993; Rebelo y Quartau, 1992). También se observan crispaciones del borde con un arrollamiento sobre el envés. Como consecuencia de ello y de la brotación de nuevas yemas, los racimos no llegan a madurar bien, lo que se traduce en un descenso del grado Baumé y los tallos jóvenes o sarmientos no se agostan normalmente (Ruiz Castro y Mendizábal, 1939; Ruiz Castro, 1965). Incluso, después de la vendimia, los brotes nuevos exhiben el clásico arrosamiento (Ruiz Castro, 1965). Los daños indirectos del ataque del mosquito verde, son la falta de madurez en el fruto, y que con ataques graves se presenta una pérdida importante en la calidad de la cosecha; la madera no se seca con normalidad. Este insecto alcanza los niveles de población-plaga durante el verano (Toledo, 1992a). Por lo anterior, es necesario recabar información oportuna que proporcione información fehaciente y cuantificable para poder construir un programa de

toma de decisiones enfocado a controlar el problema que representan las poblaciones larvas de mosquito verde en la zona de Andalucía, España.

Para este estudio, la base consistió en el uso de la estadística espacial, particularmente la geoestadística, que se define como “la aplicación de la Teoría de Funciones Aleatorias al reconocimiento y estimación de fenómenos naturales” (Journel y Huijbregts, 1978); o, simplemente, el estudio de las variables numéricas distribuidas en el espacio (Chauvet, 1994), siendo una herramienta útil en el estudio de estas variables (Zhang, 1992). Su punto de partida es asumir una intuición topo-probabilista (Matheron, 1970). Los métodos geoestadísticos proporcionan una medida más directa de la dependencia espacial, ya que tienen en cuenta la naturaleza bidimensional de la distribución de los organismos a través de su exacta localización espacial; además, permite elaborar mapas de gran utilidad de la distribución espacial de un organismo (Isaaks y Srivastava, 1988; Olivier y Webster, 1991; Rossi *et al.*, 1992; Liebhold y Sharov, 1998; Sciarretta *et al.*, 2001; Blom y Fleischer, 2001), por lo que el objetivo del presente trabajo radicó en establecer el comportamiento espacial de las poblaciones de larvas de *Jacobiasca lybica* (Bergenin and Zanon), en un viñedo de Andalucía, mediante el método geoestadístico.

Materiales y métodos

Para el estudio del comportamiento espacial del mosquito verde se estableció una parcela de regadío de una hectárea, en el Centro de Investigación y Formación Agraria “Rancho de la Merced”, durante el año 2008. Los muestreos se realizaron durante la fase de mayor actividad del insecto, que corresponde al periodo comprendido entre los meses de junio y octubre.

La parcela tuvo una extensión de 3,700 m² constituida de 1,925 plantas de vid de la variedad Palomino fino, separadas entre sí por aproximadamente 1 m. En la parcela se estableció una malla rectangular (Oliver y Webster, 1990) de 35 x 55 plantas. Se muestreó cada dos líneas, partiendo inicialmente de la primera línea; es decir, en total se muestrearon 18 líneas; de cada línea muestreada se tomaron siete plantas para cada muestreo, con un intervalo de nueve plantas de vid entre sí; por lo tanto, en cada parcela se muestrearon 126 plantas. Los muestreos fueron realizados en cinco fechas que abarcaron la etapa más importante del ciclo biológico de la especie, tal y como lo menciona Toledo (1992b).

En cada muestreo se contó el número total de larvas del mosquito verde hallados en 10 hojas por planta, tomadas al azar, abarcando la parte superior, media e inferior de cada planta; igualmente, se estableció un promedio de larvas por planta, según la metodología establecida por López (1997).

Las plantas muestreadas en las cinco fechas se marcaron con pintura fluorescente color blanco y con una etiqueta que identificaba su posición entre las líneas de la malla. Las plantas muestreadas fueron geo-referenciadas para tener una ubicación espacial precisa de las mismas; para ello, se utilizó un DGPS (Modelo SPS351, Trimble, EUA).

Se realizó una exploración estadística de los datos originales de las poblaciones de larvas del mosquito verde para cada muestreo y parcela. Se efectuó una transformación logarítmica de los datos $[\log_{10}(n+1)]$ para normalizarlos.

Análisis geoestadístico

Estimación del semivariograma

El semivariograma experimental fue estimado con base en los datos adquiridos en los diferentes muestreos de la población de larvas del mosquito verde; el valor experimental del semivariograma se calculó por medio de la siguiente fórmula (Journel y Huijbregts, 1978; Isaaks y 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 muestral x_i .

$z(x_i+h)$ es el valor de la variable de interés en el punto muestral x_i+h .

Cabe resaltar que el número de pares de puntos muestrales separados por el intervalo de distancia h disminuye al aumentar la distancia h . Si bien esto no tiene porqué ser así siempre, es común que el número de parejas se reduzca a partir de una cierta distancia.

Normalmente, el semivariograma es una función monótona no decreciente, ya que al aumentar h también aumenta, al menos en sentido cuadrático, la diferencia entre $Z(x+h)$ y $Z(x)$. Si Z es estacionaria, γ alcanza un valor límite constante llamado *meseta*, que coincide con la varianza σ^2 de Z . La distancia a la que se alcanza este valor se denomina *rango* o *alcance* y marca la zona de influencia en torno a un punto, más allá de la cual, la autocorrelación es nula. Aunque $\gamma(0) = 0$, con frecuencia el semivariograma es discontinuo en el origen, con un salto finito que se llama *pepita*, o “efecto pepita” (del inglés “nugget”); el efecto pepita representa la incertidumbre asociada a

los datos experimentales y/o a la variabilidad espacial que pueda existir a una escala de muestreo menor que la efectuada.

Para poder realizar los semivariogramas experimentales se requirieron dos programas: el primero es el Variowin 2.2 (Software for Spatial Data Analysis in 2D. Spring Verlag, New York. USA) y, posteriormente, el WinGslib 2002.

Estimación de los parámetros del modelo de semivariograma

Una vez que se estimó el semivariograma experimental, considerando el muestreo de las poblaciones de larvas del mosquito verde, éste se ajustó a algún semivariograma teórico. La validación de los diferentes modelos ajustados a los semivariogramas experimentales se realizó con el procedimiento denominado “validación cruzada” (Isaaks y Srivastava, 1989). Con este procedimiento no paramétrico, se elimina un valor muestral y se emplea el método de interpolación geoestadístico denominado *krigeado*, junto con el modelo de semivariograma a validar, para estimar el valor de la variable de interés en dicho punto muestral, a partir de los restantes valores muestrales. Este proceso se efectúa sucesivamente en todos los puntos muestrales y las diferencias entre los valores experimentales y los estimados se resumen mediante los denominados estadísticos de validación cruzada (Isaaks y Srivastava, 1989; Hevesi *et al.*, 1992). Los parámetros del modelo a validar (C_0 , C y a) se van modificando en un procedimiento de prueba y error hasta la obtención de estadísticos de validación cruzada adecuados. Los semivariogramas teóricos son las funciones con una expresión analítica simple y que, por ello, se emplean con frecuencia para representar semivariogramas reales (Englund y Sparks, 1988). Para ajustar los semivariogramas experimentales a los semivariogramas teóricos de los muestreos para cada una de las parcelas experimentales, se utilizó el programa ArcGis 9, por medio de la extensión Geoestadística.

Validación

Ya que se obtuvieron los semivariogramas experimentales, éstos fueron ajustados al modelo esférico, debido a que el ajuste obtenido con este modelo fue el de mayor ajuste visual en el programa utilizado para ello. Posteriormente, fue necesario validar estadísticamente estos modelos ajustados de manera visual. La validación de los diferentes modelos ajustados a los semivariogramas experimentales se realizó a través del procedimiento llamado validación cruzada (Isaaks y Srivastava, 1989). Las variables del modelo a validar (C_0 , efecto pepita, C , meseta y a , rango o alcance) se van modificando en un procedimiento de prueba y error hasta obtener los 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 que nos interesa 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 muestras utilizadas durante la interpolación.

El MEE no debe ser significativamente diferente de 0 (prueba de t); en tal caso, lo que indica es que el modelo de semivariograma permite el cálculo no sesgado de las estimaciones.

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

b) Error cuadrático medio (ECM).

Para poder considerar adecuado a un modelo de semivariograma, el ECM debe ser menor que la varianza de los valores muestrales (Hevesi *et al.*, 1992).

c) Error cuadrático medio adimensional (ECMA).

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

Donde:

σ_k desviación estándar del error calculado en la estimación por medio del interpolador, el krigado.

Para poder comprobar la validez del modelo, el ECMA debe estar comprendido entre los valores $1 \pm 2 (2/N)^{0.5}$.

d) Por otro lado, la varianza de los errores de estimación debe de ser \leq que la varianza muestral (Samper y Carrera, 1996).

Nivel de dependencia espacial

Es de vital importancia conocer el grado de relación entre los datos correspondientes y es por eso que es necesario calcular el nivel de dependencia espacial. Este valor se obtiene al dividir el efecto pepita entre la meseta y el resultado es expresado en porcentaje. El nivel de dependencia espacial se considera alto si el resultado es menor de

25%; se considera que el nivel de dependencia espacial es moderado si se encuentra entre 26 y 75%; y se considera que el nivel de dependencia es bajo si es mayor del 76% (Cambardella *et al.*, 1994).

Elaboración de mapas

Una vez que se validaron los modelos de los correspondientes semivariogramas se utilizó el Krigado; éste es el método de interpolación geoestadístico que permite que la estimación no tenga sesgo de valores asociados a puntos que no fueron muestreados. En el presente trabajo se utilizó el método del Krigado Ordinario para obtener las estimaciones correspondientes (Samper y Carrera, 1996; Fleischer *et al.*, 1999). Las estimaciones de las poblaciones de larvas del mosquito verde se llevaron a cabo por medio del programa WinGslib 2002 (Deutsch y Journel, 1997). Una vez obtenidas las estimaciones correspondientes con el método del Krigado para cada muestreo, se elaboraron los mapas que indicaron la distribución espacial en el campo de las poblaciones de larvas del mosquito verde en el Marco del Jerez. Las estimaciones obtenidas se representaron en forma de mapa, mediante el uso del programa Surfer 9.0 (Golden Software 2002, Colorado, Estados Unidos).

Estabilidad espacial y temporal a corto plazo

Uno de los objetivos de este trabajo fue estudiar la existencia de una estabilidad espacio-temporal a corto plazo (dentro de un año), de las poblaciones del mosquito verde. Para tal efecto, se compararon las estimaciones obtenidas con el método del Krigado, para cada fecha de estudio. Las comparaciones se realizaron utilizando una modificación de la prueba estadística no paramétrica de Cramér von Mises (Syrjala, 1996).

Superficie infestada

Se estableció la superficie infestada de los mapas elaborados, utilizando el programa Surfer 9.0. Al detectar las áreas infestadas es posible dirigir las medidas de control sobre áreas específicas de infestación.

Resultados

Análisis geoestadístico

Los diferentes modelos de semivariogramas ajustados para cada fecha de muestreo de las larvas del mosquito verde se presentan en el cuadro 1.

Se ajustó un modelo esférico con efecto pepita en todos los muestreos de las larvas del mosquito verde (cuadro 1). Por lo anterior, se afirma que existió una estructura espacial agregada de las larvas del insecto en los cinco muestreos.

En el cuadro 1 se puede ver que los valores del efecto pepita fluctuaron entre 0.08 del 30 de agosto y 0.02 del 28 de octubre.

Se registró una agregación moderada de las larvas indicada por el nivel de dependencia espacial encontrado (cuadro 1); en todos los casos se halló una densidad media relativamente alta de las poblaciones de larvas, lo que provocó que la intensidad de la agregación fuera muy similar entre los muestreos; debido a que no se aplicaron insecticidas, pudo originar dicha similitud.

El alcance presentó valores entre 60.30 m del 25 de julio y 30.85 m del 28 de octubre, lo cual indica que a una distancia mayor de 60 m, para la fecha del 25 de julio dejó de existir relación espacial entre los puntos de muestreados; mientras que para el 28 de octubre, dejó de existir relación espacial a 30.85 entre los puntos muestreados.

Cuadro 1. Parámetros (Efecto Pepita, Meseta y Alcance) de los modelos ajustados a los semivariogramas del número de larvas de mosquito verde.

Fecha	Modelo	Pepita	Meseta	Alcance	Pepita/ Meseta (%)	Nivel de dependencia espacial
27-06-2008	Esférico	0.068	0.126	35.107	53.96	Moderada
25-07-2008	Esférico	0.079	0.131	39.578	60.30	Moderada
30-08-2008	Esférico	0.085	0.141	31.878	60.28	Moderada
27-09-2008	Esférico	0.040	0.114	47.243	35.08	Moderada
28-10-2008	Esférico	0.029	0.094	38.014	30.85	Moderada

Los resultados de la validación cruzada se pueden ver en el cuadro 2. Los modelos ajustados fueron validados al ubicarse los valores de los parámetros estadísticos dentro del rango apropiado. Los semivariogramas elaborados para los distintos muestreos se concentraron en la figura 1.

Elaboración de mapas de densidad

En la figura 2 se encuentran agrupados los mapas de densidad de las poblaciones de larvas. En los mapas se observa que al haber densidades altas de larvas, también

hubo una gran cantidad de centros de agregación dispersados en toda la parcela.

Al parecer, la colonización de la parcela —por medio de las larvas— provino de las cepas de vid vecinas, situadas al lado izquierdo de la misma, tal y como se puede apreciar en el mapa del primer muestreo. Las cepas más vigorosas de la parcela se hallaban en esta zona, por lo que las larvas las prefirieron.

Cuadro 2. Valores de los estadísticos de la validación cruzada: media de los errores de estimación (MEE), error cuadrático medio (ECM) y error cuadrático medio adimensional (ECMA), de las larvas de mosquito verde.

Fecha	Tamaño de muestra	Media muestral	Varianza muestral	MEE	Varianza de los errores	ECM	ECMA
27-06-2008	126	0.50	0.13	0.10 ^{ns}	0.11	0.12	1.04
25-07-2008	126	0.83	0.14	0.11 ^{ns}	0.12	0.14	1.11
30-08-2008	126	0.88	0.14	0.10 ^{ns}	0.12	0.13	1.00
27-09-2008	126	0.90	0.12	0.10 ^{ns}	0.11	0.12	1.05
28-10-2008	126	0.36	0.09	0.12 ^{ns}	0.07	0.08	1.13

$1 \pm 2 (2/N)^{0.5} = 1 \pm 0.45$; ns: diferencia no significativa al 5%.

Estabilidad espacial y temporal a corto plazo

En el cuadro 3 se pueden ver los resultados de la comparación de los mapas de larvas del mosquito verde entre las diferentes fechas de muestreo, utilizando para ello la prueba estadística bivariable de Cramér-von Mises. En cuanto a la comparación de los mapas, se observó que no hubo diferencia significativa entre los mapas de las fechas 25-07 y 30-08 y entre los de las fechas 30-08 y 27-09. En las otras dos comparaciones se obtuvo el resultado contrario. Nuevamente, cabe señalar que las densidades de larvas en las fechas entre las que no hubo diferencia significativa es lo que, al parecer, originó que la distribución espacial de las larvas también fuera similar.

Cuadro 3. Comparación de mapas por fecha (Krigado) con la prueba bivariable de Crámer-von Mises (ψ).

Larvas	Fechas comparadas	ψ	Valor de P	Diferencia (5%)
	27-06 vs. 25-07	1.21	0.01	Significativa
	25-07 vs. 30-08	0.85	0.42	No significativa
	30-08 vs. 27-09	0.89	0.68	No significativa
	27-09 vs. 28-10	1.87	0.03	Significativa

Figura 1. Semivariogramas de las larvas de *J. lybica* en las cinco fechas de muestreo de la Parcela con Riego del año 2008. I1 = 27-06, I2 = 25-07, I3 = 30-08, I4 = 27-09 y I5 = 28-10.

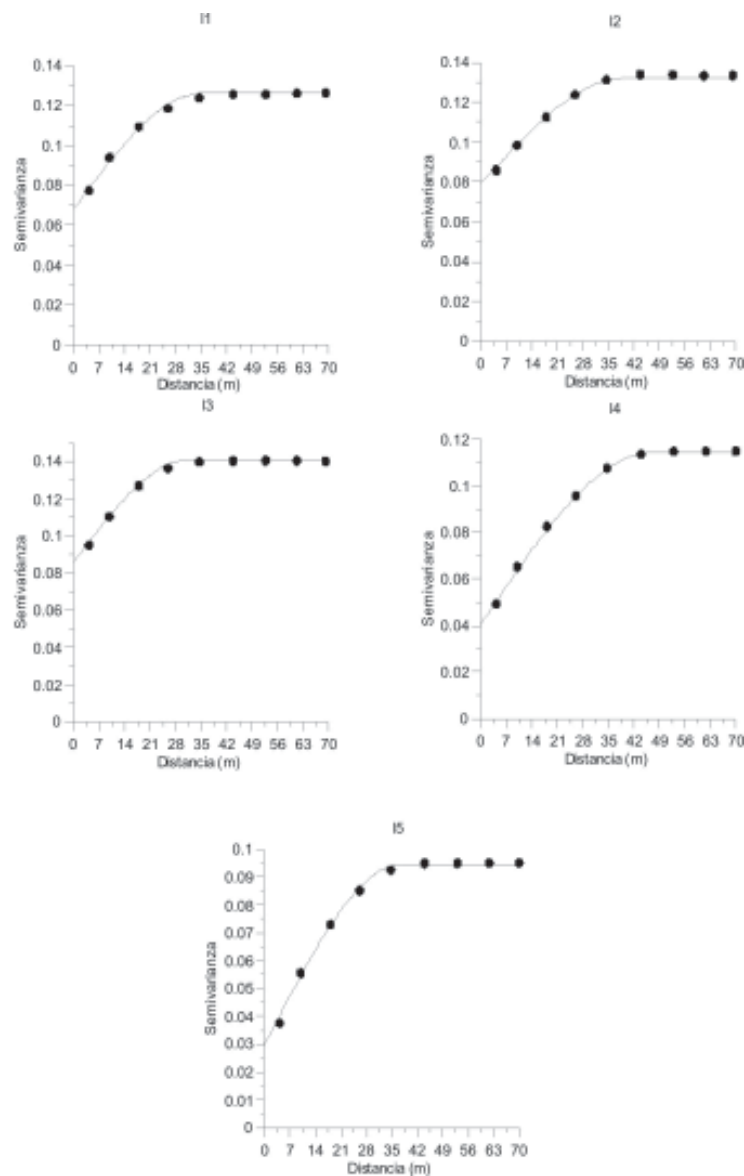
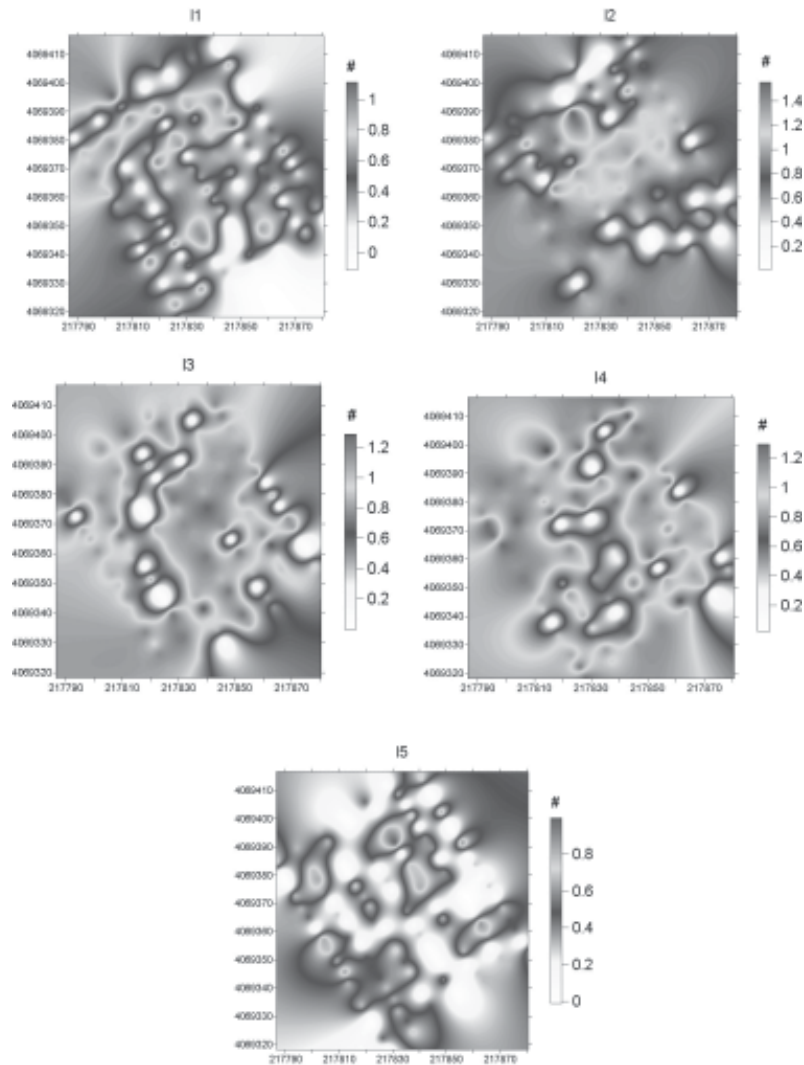


Figura 2. Mapas de densidad de las larvas de *J. lybica* en las cinco fechas de muestreo de la Parcela con Riego del año 2008. I1= 27-06, I2= 25-07, I3= 30-08, I4= 27-09 y I5= 28-1.



Nota: los tonos de la escala de grises corresponden a un gradiente aumentativo con respecto a la densidad de larvas, donde el color blanco corresponde a nulidad y el color más oscuro corresponde a mayor densidad.

Superficie infestada

Se procedió a conocer el área que realmente necesitaba manejo en la parcela experimental. Para ello, se estableció el porcentaje de área infestada y no infestada en los mapas elaborados. Los resultados se detallan en el cuadro 4.

Cuadro 4. Porcentaje de superficie infestada y no infestada.

Estadio/ Fecha	Krigado	
	% infestado	% no infestado
27-06-2008	73.8	26.2
25-07-2008	88.8	11.2
30-08-2008	86.4	13.6
27-09-2008	92.1	7.9
28-10-2008	65.9	34.1

El porcentaje de área sin infestar se encontró entre 34.1% y 7.9% en los mapas de densidad, con un valor medio de 18.6%. De forma general, el área libre de infestación se vio reducida conforme aumentó la densidad de las larvas, con excepción de la fecha del 30-08, en el que hubo un pequeño aumento de tal superficie cuando el promedio de larvas se seguía incrementando. En el último muestreo, al reducirse significativamente la densidad de larvas, el área libre de infestación aumentó considerablemente.

Discusión

El efecto pepita presentó valores que fueron menores al 61% del valor de la meseta en todos los semivariogramas elaborados en el presente estudio; lo que indica que, por lo menos, el 39% de la variación de la distribución de las larvas se explicó gracias a la estructura espacial establecida en los semivariogramas respectivos (Liebhold y Sharov, 1998). Valores de la pepita comprendidos entre el 30 y el 67% del valor de la meseta fueron reportados por Johnson (1989) en semivariogramas que elaboró para las larvas de *M. packardii*. Dichos valores caen dentro de los hallados en el caso del mosquito verde.

En el caso de la densidad de las poblaciones de larvas, al parecer, la colonización de la parcela provino de las cepas de vid vecinas situadas al lado izquierdo de la misma,

tal y como se puede apreciar en el mapa del primer muestreo; o bien, por la preferencia de larvas a plantas con mayor vigor que se ubicaban en dicha zona.

A densidades altas de larvas se detectó una estabilidad espacio-temporal a corto plazo, la cual se vio interrumpida cuando la densidad media de las larvas fue baja. Lo que pone de manifiesto la importancia de la densidad poblacional en el mantenimiento de la estabilidad espacial de las poblaciones de larvas de este insecto. Algo similar es reportado por Crist (1998) con las poblaciones de termitas.

Como demuestran los resultados obtenidos, el mosquito verde de forma natural no invade el 100% del área que infesta; es decir, la infestación no es uniforme sobre el área afectada. Un resultado similar han reportado Gribko *et al.* (1995), los cuales señalaron que las poblaciones de *Lymantria dispar* alcanzan un máximo de 75% de infestación sobre el área que colonizan. Magro *et al.* (1999) hallaron que la superficie infestada por los estadios preimaginales de *N. includens* era inferior al 70%.

Los resultados obtenidos sugieren que la infestación por parte de un insecto plaga no se presenta de manera uniforme, tal y como lo mencionan Fleischer *et al.* (1999), quienes señalan que de forma normal un insecto plaga presenta densidades variables en el total del área que infesta, y que tal infestación raramente alcanza el 100% de la misma; lo que permite, según los autores, dirigir las tácticas de control sobre las áreas infestadas y, sobre todo, en aquellas en las que la población del insecto supere el umbral económico, siempre y cuando se conozca tal nivel. Los mapas de densidad obtenidos con la técnica de krigeado muestran los centros de agregación de las poblaciones de larvas de *J. lybica*, que desde el punto de vista de protección de la vid, tal información permite dirigir de forma precisa las diferentes medidas de control del insecto (Fleischer *et al.*, 1997) generando beneficios económicos al realizar con menor frecuencia las aplicaciones de plaguicidas, menor uso de combustibles, menor impacto al medio ambiente, retardar el desarrollo de resistencia al no tratar toda la superficie del cultivo (Fleischer *et al.*, 1999) y, por lo tanto, una reducción de costos; además, permite visualizar la variabilidad poblacional e identificar áreas infestadas y libres de infestación.

Lo hallado en este trabajo abre las puertas a una aplicación dirigida de las medias de control sobre las áreas que realmente están infestadas con el insecto plaga, lo cual hace factible obtener ahorros económicos y medioambientales, permitiendo justificar el uso de las técnicas de la agricultura de precisión para controlar las infestaciones de *J. lybica*.

Conclusiones

1. La aplicación de la geoestadística permitió modelizar la estructura espacial de las poblaciones de larvas de *J. lybica* con modelos esféricos con efecto pepita en todos los casos.

2. Los resultados obtenidos con las técnicas geoestadísticas mostraron la existencia de una estructura espacial agregada en ambas parcelas, siendo moderado el nivel de dependencia de la misma.
3. La densidad de larvas en las parcelas no tuvo influencia para determinar la agregación de las poblaciones.
4. Utilizando el krigeado se lograron establecer mapas de distribución espacial de las larvas de *J. lybica*.
5. A corto plazo, se identificó la existencia de una estabilidad espacial y temporal de las poblaciones de larvas.
6. Con la información obtenida es posible establecer medidas estratégicas de control hacia zonas específicas de infestación de las poblaciones de larvas de este insecto.

Literatura citada

- Baillod, M.; Charmillot, P.; Jeremi, M.; Meylan, A.; Valloton, R.; Antonin, Ph.; Hächler, M.; Linder, C. and Perrier, J. 1993. *Protection intégrée et stratégies de lutte contre les ravageurs de la vigne*. Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic. 25 : 23-29.
- Blom, E. and Fleisher, S. 2001. *Dynamics in the spatial structure of Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae). Environ Entomol. 30 (2): 350-364.
- Cambardella, C.; Moorman, T.; Novak, J.; Parkin, T.; Karlen, D.; Turco, R. and Konopka, A. 1994. *Field scale variability of soil properties in central Iowa soils*. Soil Sci. Soc. Am. J. 58: 1501-1511.
- Chauvet, P. 1994. *Aide-Memoire de Géostatistique Minière*, École des Mines de Paris, 210 pp.
- Crist, T. 1998. *The spatial distribution of termites in shortgrass steppe: a geostatistical approach*. Oecologia. 114: 410-416.
- Deutsch, C. V. and Journel, A. G. 1997. *GSLIB: Geostatistical Software Library and User's Guide (Applied Geostatistics Series)*. Second Edition, Oxford University Press, 369 pp.
- Englund, E. and Sparks, A. 1988. *GEO-EAS (Geostatistical Environmental Assessment Software) User's Guide*. U.S. Environmental protection agency document EPA/600/4-88/033. Environmental Monitoring Systems Laboratory, Las Vegas, NV, USA.
- Fernández de Bobadilla, G. 1956. *Viníferas jerezanas y de Andalucía Occidental*. I.N.I.A. Madrid. 141 pp.
- Fleischer, S.; Weisz, R.; Smilowitz, Z. and Midgarden, D. 1997. *Spatial variation in insect populations and site-specific integrated pest management*. In: *The state of Site-Specific Management for Agriculture* (F. J. Pierce & E. J. Sadler, Eds.), ASA Miscellaneous Publication. Madison, WI. pp. 101-130.
- Fleischer, J.; Blom, E. and Weisz, R. 1999. *Sampling in Precision IPM: When The Objective Is a Map*. Phytopathology. 89 (11): 115-118.
- Freitas, J. e Amaro, P. 2001. *'Explosion' de Cicadelle verte dans la région du Doura au Portugal en juillet/aout 1998*. Integrated Control in Viticulture IOBC wprs Bulletin 24(7) :217-219.
- García de Luján, A.; Puertas, B. y Lara, M. 1990. *Variedades de la vid en Andalucía*. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca. Sevilla. 253 pp.
- Gribko, L.; Liebhold, A. and Hohn, M. 1995. *Model to predict gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae) defoliation using kriging and logistic regression*. Environ Entomol. 24(3): 529-537.
- Hevesi, J.; Istok, J. and Flint, A. 1992. *Precipitation estimation in mountainous terrain using multivariate geostatistics. Part. I. Structural analysis*. J App. Meteorol 31 (7): 661-676.

- Isaaks, E. and Srivastava, M. 1988. *Spatial continuity measures for probabilistic and deterministic geostatistics*. Mathematical Geo 20(4): 313-341.
- Isaaks, E. H. and Srivastava, M. 1989. *An introduction to applied geostatistics*. Oxford University press, Nueva York. 561 pp.
- Johnson, D. 1989. *Spatial autocorrelation, spatial modelling, and improvements in grasshopper survey methodology*. The Can Ent. 121: 579-588.
- Journal, A. G. and Huikbregts, C. J. 1978. *Mining geostatistics*. Academic Press, London, Reino Unido. 600 pp.
- Liebholt, A. and Sharov, A. 1998. *Testing for correlation in the presence of spatial autocorrelation in insect count data*. Population and community Ecology for insect management and conservation. pp. 1-117.
- López, M. A. 1997. *Incidencia de Kalotermes flavicollis (Fabr.) (Isoptera, Kalotermitidae) en el Marco del Jerez / Ensayos de técnicas blandas de control sobre plagas del viñedo*. Tesis Doctoral. Univ. Sevilla. 477 pp.
- Magro, A.; Araujo, J. and Hemptinne, L. 1999. *Coccinellids (Coleoptera: Coccinellidae) in citrus groves in Portugal: listing and analysis of geographical distribution*. Bol. San Veg. Plagas 25: 335-345.
- Matheron, G. 1970. *"La Théorie des Variables regionalices et ses Applications", Les Cahiers du Centre de Morphologie Mathématique de Fontainebleau*. Fascicule 5, Ecole de Mines de Paris, 212 pp.
- Mazzoni, V.; Cosci, A.; Lucchi, A. and Santini, L. 2001. *Ocurrence of leaf hoppers (Auchenorrhyncha, Cicadellidae) in three vineyards of the pisa district*. Integrated Control in Viticulture IOBC wprs Bulletin. 24(7): 267-271.
- Oliver, M. A. and Webster, R. 1990. *Statistical Methods in soil and land resource survey*. Oxford University press, Oxford. 232 pp.
- Rebelo, M. e Quartau, J. 1992. *Aspectos preliminares sobre a dinâmica populacional de Cigarritas (Homoptera: Cicadellidae) Asociadas a castas da vinha no alentejo*. II Simposio da Vitivinicultura do Alentejo. Univ. Evora 199-208 pp.
- Rossi, R.; Mulla, J.; Journel, G. and Franz, H. 1992. *Geostatistical Tools for Modeling And interpreting Ecological Spatial Dependence*. Ecol. Monog. 62(2): 277-314.
- Ruiz Castro, A. y Mendizábal, M. 1939. *La roya colorada producida por Empoasca lybica de Bergeriu (Hem. Hom.) en los parrales de Almería*. Bol. Pat. Veg. Ent. Agraria 7(2): 116-123.
- Ruiz Castro, A. 1965. *Plagas y enfermedades de la vid*. INIA. Madrid. 178 pp.
- Samper, F. J. y Carrera, J. 1996. *Geoestadística: aplicaciones a la hidrología subterránea*. 2ª Ed. Centro Internacional de Métodos en Ingeniería. Barcelona. 484 pp.
- Sciarretta, A.; Trematerra, P. and Baumgärtner, R. 2001. *Geostatistical analysis of Cydia funebrana (Lepidoptera: Tortricidae) Pheromone trap catches at two spatial scales*. Am. Entomol. 47(3): 174-184.
- Syrjala, E. 1996. *A statical test for a difference between the spatial distributions of two population*. Ecology 77(1): 75-80.
- Toledo, P. 1992a. *Melazo o Cochinilla Algodonosa (Pseudococcus citri, Risso)*. En: Los Parásitos de la Vid. Estrategias de Protección Razonada. MAPA-Ediciones Mundi-Prensa. España. pp. 58-61.
- Toledo, J. 1992b. *Mosquitos verdes*. En: Los Parásitos de la Vid. Estrategias de Protección Razonada. MAPA-Ediciones Mundi-Prensa. España. pp. 67-70.
- Zhang, R. 1992. *Estimation of the Spatial Distribution of Soil Chemical Using Pseudo Cross-Variograms*. Soil Sci. Soc. Ame. J. 56(5): 1444-1452.

Recibido: Abril 19, 2010

Aceptado: Noviembre 3, 2010