

ANÁLISIS GEOESTADÍSTICO DE POBLACIONES DE HUEVOS DE *Aeneolamia varia* (HEMIPTERA: CERCOPIDAE) EN CAÑA DE AZÚCAR

GEOSTATISTICAL ANALYSIS OF POPULATIONS OF EGGS *AENEOLAMIA VARIA* (HEMIPTERA: CERCOPIDAE) SUGARCANE

Figueredo, Luis¹; Rey, Juan C.; Andrade, Onelia¹; Quintero, José³

¹Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). Estación Local Yaritagua, Yaracuy. ²Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP). Maracay, Aragua. ³Universidad Nacional Experimental de los Llanos Ezequiel Zamora (UNELLEZ). Guanare, Portuguesa. E-mail: lfigueredo@inia.gob.ve; jcrey@inia.gob.ve; o-andrade@inia.gob.ve

Resumen

Con el objeto de analizar la variación espacial de huevos de *Aeneolamia varia* (candelilla) en caña de azúcar, una cuadrícula en campo fue trazada. La misma estaba conformada por 60 puntos de monitoreo georeferenciados con un receptor satelital de precisión sub métrica. Las muestras de suelo fueron tomadas alrededor de las macollas de caña en cada punto. Una vez tamizadas las muestras, se extrajeron los huevos del insecto y fueron clasificados en totales y fértiles. Mediante la aplicación de fórmulas fueron determinadas la fertilidad, cantidad de huevos totales y fértiles por hectárea. Posteriormente con la información obtenida, una base de datos fue conformada. Con el uso de técnicas geoestadísticas se obtuvieron los modelos teóricos que mejor describen la estructura espacial a través de los semivariogramas y se generaron mapas de estimaciones por medio de la técnica krigeado puntual de las variables medidas. Los resultados indican que el modelo esférico es el que mejor describió la estructura espacial, que es agregada en la fase huevo de candelilla, la cual fue corroborada por los mapas de densidad de huevos totales puesto en el ensayo. En término de control, éstos resultados generan una información indispensable para el desarrollo de tácticas de manejo agroecológico y de precisión del insecto en el cultivo de la caña de azúcar.

Palabras clave: candelilla, estructura espacial, oviposición, predicción, mapa.

Abstract

In order to analyze the spatial variation of eggs of *Aeneolamia varia* (spittlebug) in sugar cane, a grid in field was drawn. It consisted of 60 geo-referenced monitoring points with a sub-metric satellite receiver. Soil samples were taken around the cane noodles at each point. Once the samples were sieved, the insect eggs were removed and classified as total and fertile. Through the application of formulas were determined the fertility, amount of total eggs and fertile per hectare. Subsequently with the information obtained, a database was formed. With the use of geostatistical techniques, we obtained the theoretical models that best describe the spatial structure through semivariograms and generated estimation maps by means of the kriging technique of the measured variables. The results indicate that the spherical model is the one that best describes the spatial structure, which is added in the egg stage of candelilla, which was corroborated by the maps of density of total eggs put in the test. In terms of control, these results generate essential information for the development of agroecological and insect precision management tactics in the cultivation of sugarcane.

Keywords: spittlebug, spatial structure, oviposition, prediction, map.

Recibido: 16/02/2017 - **Aprobado:** 28/06/2017

¹Estudios en Ingeniería Agronómica en la Universidad Nacional Experimental de los Llanos Ezequiel Zamora (UNELLEZ). Maestría en Ciencias Ambientales en la Universidad Yacambú (UNY), con más de 16 años de experiencia como investigador INIA en el área de manejo agroecológico y de precisión de insectos plaga en el cultivo caña de azúcar. Con más de 25 publicaciones científicas y divulgativas y participante en más de 80 eventos científicos relacionados en el área de formación. (sigue en la pág. 40).

Introducción

La candelilla (*Aeneolamia varia*), miembro de la familia Cercopidae, ha sido reportada como insecto plaga en diversos hábitats agrícolas asociados a gramíneas del Neotrópico, en el caso de Venezuela en el cultivo caña de azúcar (*Saccharum* spp; híbrido) en las últimas cinco décadas (Guagliumi, 1962; Peck, 2001; Linares, 2002; Castro y col., 2005).

Algunos autores indican que la aplicación de técnica geoestadística en la entomología aplicada ha permitido establecer la distribución y estructura espacial de poblaciones de insectos y elaborar mapas que permiten obtener estimaciones no sesgadas de los puntos no muestreados, los cuales pueden ser de gran utilidad para establecer tácticas de manejo dirigidas hacia focos específicos de infestación con el consiguiente ahorro económico y bajo impacto ambiental (Liebhold y col., 1991; Crist, 1998; Ramírez-Dávila y col., 2002).

Para el control de plagas en un cultivo, una parte vital es el conocimiento de la distribución espacial del insecto dentro de una zona productiva. Pero aunque se pueda conocer la misma, muchas veces no se conoce la estructura y estimación espacial de los patrones de distribución del insecto en un cultivo, lo cual sólo es posible con la aplicación de la geoestadística (Vera-Casanova y Guerrero, 2009).

La geoestadística no es más que una rama de la estadística aplicada que comprende un conjunto de herramientas y técnicas que analizan y modelan una variable que se muestra distribuida en el espacio o en el tiempo de una forma continua (Isaaks y Srivasta, 1989; Moral, 2004). Utiliza funciones básicas para modelar esta variación espacial, y estas funciones son utilizadas posteriormente para interpolar en

el espacio el valor de la variable en sitios no muestreados. La fortaleza de la geoestadística es que esta interpolación, conocida como Kriging, es considerada una estimación muy robusta ya que se basa en la función continua que explica el comportamiento de la variable en las distintas direcciones del espacio, y que en contraste con otros métodos de interpolación permite asociar la variabilidad de la estimación, conocido como grado de incertidumbre (Gallardo, 2006).

El semivariograma es una función básica de la geoestadística y es una herramienta que permite analizar el comportamiento espacial de una variable sobre un área definida, obteniendo como resultado un variograma experimental que refleja la distancia máxima y la forma en que un punto tiene influencia sobre otro punto a diferentes distancias y estimar el valor de un punto específico. El resultado de este análisis no puede ser aplicado directamente en los diferentes métodos de interpolación que lo ocupan como información base, es por esto que una vez calculado el variograma experimental o empírico, debe ser realizado un modelo matemático que lo modele de la mejor forma posible, el cual es conocido como variograma teórico o ajustado (Rossi y col., 1992). Existen numerosos modelos matemáticos, siendo los más comúnmente usados: el esférico, el exponencial, el gaussiano y el lineal. El ajuste a una función permite extraer una serie de parámetros que son los que van a ser usados para la interpolación geoestadística (kriging) y que definen el grado y escala de variación espacial. Estos parámetros son el rango (A_0), el nugget (C_0), el sill ($C_0 + C$) y la proporción de la varianza explicada por el espacio ($C/C_0 + C$) a menudo expresada en porcentaje (Robertson, 1987). El rango (A_0) es la distancia a la que la semivarianza deja de aumentar. El nugget (C_0) es la varianza no explicada por el

modelo o la varianza error, y se calcula como la intercepción con el eje Y. La máxima semivarianza encontrada entre pares de puntos se conoce como sill y debe coincidir con la varianza de la población. $C/(C_0 + C)$ nos da el grado de variación espacial, y por tanto el grado de incertidumbre a la hora de interpolar puntos en el espacio. Un alto cociente indica una variable espacialmente muy predecible.

Cuando la variación del valor de la variable con el espacio es igual en todas las direcciones de éste, se dice que el semivariograma es omnidireccional y que la variable tiene un comportamiento isotrópico. Pero no siempre es así, y puede ser que la variación espacial sea diferente en las distintas direcciones del espacio, entonces se habla de anisotropía. Si tras una inspección visual se sospecha que puede ocurrir este fenómeno, se deben realizar semivariogramas direccionales, los cuales consideran por separado varias direcciones del espacio (Gallardo, 2006).

La técnica de geoestadística ha sido aplicada anteriormente para la determinación y estimación de la distribución espacial de algunos insectos, por ejemplo, en huevos de *Jacobiasca líbica* en viñedos de Cádiz, España (Ramírez-Davila y col., 2002); en el estado inmaduro de *Alabama argillacea* en el cultivo de algodón de la provincia de Corrientes, Argentina (Tannure y Mazza, 2004) y en la captura e incidencia de adultos de *Perkinisella saccharicida* en el cultivo caña de azúcar en Ecuador (Vera-Casanova y Guerrero, 2009).

El objetivo del presente trabajo fue analizar la disposición espacial de la fase huevo de *Aeneolamia varia* en el cultivo caña de azúcar, utilizando la geoestadística.

Materiales y métodos

Ubicación del estudio

El estudio se realizó en la Estación Local Yaritagua, municipio Peña del estado Yaracuy en una etapa preliminar del Programa Venezolano de Desarrollo de Variedades de Caña de Azúcar (PVDVCA) del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) Yaracuy.

El ensayo, donde se realizó esta investigación, estaba ya establecido en campo y fue previamente diseñado por el PVDVCA en bloques al azar con 20 tratamientos que consistían en diferentes variedades de caña con 3 repeticiones, para un total de 60 parcelas. Cada parcela estaba conformada por 3 hilos de siembra de 10 m de largo y 1,5 m de separación entre ellos. En el estudio que aquí se describe no se consideró la influencia o repercusión de las variedades de caña de sobre las distribución espacial de los huevos, simplemente se aprovechó la presencia del ensayo para ver qué resultados arrojaba.

Una vez cosechado el ensayo y realizado el retiro del material vegetal residual (tallos y hojas), se procedió a trazar una cuadrícula conformada por 60 puntos de monitoreo (pm), ubicados en la parte media del hilo central de siembra de cada parcela. Cada punto de monitoreo fue georeferenciado con un sistema de posicionamiento global diferencial (DGPS) de precisión sub métrica.

Protocolo para la cuantificación de los huevos del insecto y su estimación poblacional:

a) Extracción de la muestra: en cada pm, se seleccionó una macolla de caña de azúcar y se introdujo a ras del suelo un marco metálico cuadrado (30 cm de lado x 4 cm de profundidad). Posteriormente, se removió y extrajo completamente el suelo contenido

dentro del marco metálico, especialmente el que estaba alrededor de la macolla y se almacenó en una bolsa plástica identificada previamente con el número de punto.

b) Preparación de la muestra: de cada muestra de suelo, se extrajo una sub muestra representativa de 250 g, fue secada a temperatura ambiente y colocada en un recipiente plástico, se le agregó agua hasta saturación y se dejó en reposo por 30 min. Seguidamente la sub muestra fue agitada y tamizada utilizando mallas con aberturas de 40 y 60 Mesh. El material retenido en el de 60 Mesh, se filtró y se trasvasó a un embudo separador con una solución salina de NaCl al 35%. Luego se agitó el embudo y por diferencia de densidades los huevos del insecto flotaron en la superficie y se extrajeron para lavarlos con abundante agua.

c) Clasificación y estimación poblacional de los huevos: los huevos fueron colocados en una cápsula de Petri, se ubicaron bajo una lupa estereoscópica trinocular, se contabilizaron y clasificaron (considerando su morfología) en huevos totales) y fértiles). Con la aplicación de las fórmulas de Rodríguez y Alfaro (2000) se obtuvo el porcentaje de fertilidad y la estimación de huevos totales y fértiles por hectárea.

Contenido de humedad del suelo

Para determinar el contenido de humedad del suelo en cada punto de muestreo, se aplicó el método gravimétrico, que expresa el porcentaje de agua en peso en 100 gramos de suelo (Casanova, 1994). De la muestra que fue tomada con el marco metálico, se tomó una submuestra, se pesó (peso húmedo) y se introdujo por 48 h en un horno a 105°C, se pesó nuevamente (peso seco). La diferencia de peso húmedo y peso seco expresado en porcentaje representó el contenido de humedad.

Procesamiento estadístico de los datos

Para el estudio geoestadístico, primero se realizó un análisis exploratorio de los datos. Con el apoyo del software Infostat (Di Renzo y col., 2016) se obtuvo la estadística descriptiva de las variables (media, mediana, desviación estándar, varianza, coeficiente de variación, mínimos y máximos, asimetría y kurtosis) para estudiar su comportamiento y determinar los valores anómalos de acuerdo a la metodología propuesta por Tukey (1977). Seguidamente se hizo un análisis estructural, estudiándose la continuidad o dependencia espacial de las variables con el cálculo del semivariograma experimental isotrópico y su posterior ajuste a un modelo teórico de tipo esférico, por medio del software Vesper 1.6 (Australian Center for Precision Agriculture, 2006).

Finalmente, se realizó la predicción y mapeo de las variables, bajo el método de interpolación denominado Kriging puntual, considerándose la estructura de correlación espacial descrita con el semivariograma que mejor se ajustó. Los parámetros de los semivariogramas se usaron para la generación de mapas de las variables bajo estudio a través del módulo Geostatistical Analysis de ArcGIS® (ESRI, 2011).

Resultados y Discusión

La Tabla 1 muestra los valores obtenidos de las variables consideradas, tanto en los bloques, como en promedio. Las figuras 2, 3, 4, 5, 6 y 7 muestran la distribución espacial de las mismas.

El mayor contenido de humedad se obtuvo en el Bloque III, así como también la mayor cantidad de huevos en cualquiera de sus expresiones.

Tabla 1. Contenido de humedad del suelo y cantidad de huevos de *Aeneolamia varia* a nivel de bloque y en promedio.

Variable	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Promedio
Humedad del suelo (%)	14,88	15,36	17,3	15,8
Huevos fértiles	24	24	31	26,3
Huevos totales	62	53	91	68,7
Fertilidad (%)	38,7	45,3	34	39,3
Huevos fértiles / ha (Hf/ha)	2.666.666	2.666.444	3.444.333	2.925.814
Huevos totales / ha (Ht/ha)	6.888.888	5.888.888	10.111.111	7.629.629

El mayor porcentaje de fertilidad lo reportó el Bloque II debido a que hay una menor cantidad de huevos fértiles en relación con los totales.

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede inferir que las hembras ovipositan en el mismo lugar a diferentes intervalos de tiempo, consiguiéndose huevos con diversos estados de desarrollo, éste comportamiento implica superposiciones en su fluctuación poblacional y a su vez dificulta la aplicación de un método de manejo para su control.

Al comparar el valor 8.777.443 de Hf/ha determinados en el presente estudio con los umbrales reportados por Arias (2003), por el Centro Guatemalteco de Investigaciones y Capacitación de la Caña de Azúcar (Cengicaña, 1998) y por Rodríguez y Alfaro (2000), quienes establecieron valores críticos de 200.000, 200.000 y 900.000 Hf/ha, respectivamente, se puede concluir que existen niveles de infestación extremadamente altos. No obstante, la diferencia podría atribuirse al método de muestreo que se ha utilizado. Por ejemplo, Arias (2003) considera 5 puntos para lotes de 2,75-3 ha; Cengicaña (1998) 5 muestras/ha y Rodríguez y Alfaro (2000) 2 puntos/ha.

Procesamiento geoestadístico de los datos

Los resultados arrojaron datos anómalos en las variables Hf/ha y Ht/ha. Una vez eliminados, se apreció que las variables estudiadas mostraron una distribución cercana a la normalidad con valores de medias y medianas similares, valores cercanos a cero para la asimetría y Kurtosis, presentando poca variabilidad, lo cual se reflejó en los coeficientes de variación, en su mayoría menores a 50% (ver Tabla 2).

Todas las variables analizadas mostraron un efecto transitivo, caracterizado por un incremento de la semivarianza con el aumento de la distancia hasta un espaciamiento en el cual la semivarianza se hizo relativamente estable (ver Figura 1). Los semivariogramas experimentales se ajustaron a modelos teóricos de manera de establecer el modelo de variación espacial mediante el rango, sill o umbral y el efecto nugget o aleatorio.

Los semivariogramas experimentales de las variables evaluadas se ajustaron a un modelo esférico (ver Tabla 3) y los mismos mostraron un efecto anidado (grupo de tratamientos experimentales con niveles o representaciones diferentes en cada uno de los niveles de los demás tratamientos),

Tabla 2. Estadística descriptiva en el análisis exploratorio de los datos en el ensayo.

Variable	Media	DE	CV	Mín	Media	Máx.	Asim.	Kurt.
Humedad (%)	15,83	2,58	16,31	10,15	16	20,85	-0,13	-0,52
Huevos totales	3,36	1,39	41,32	1	3	7	0,37	-0,14
Huevos fértiles	1,27	0,52	40,88	1	1	3	1,79	2,17
Fertilidad (%)	44,7	24,04	53,77	14,3	33,3	100	1,12	0,35
Hf/ha	1580846	474140	30	933333	1422222	3201600	1,39	1,59
Ht/ha	4541620	1978987	44	977778	4444444	11511111	0,65	1,33

DE: desviación estándar; CV: coeficiente de variación; Asim: asimetría; Kurt: Kurtosis.

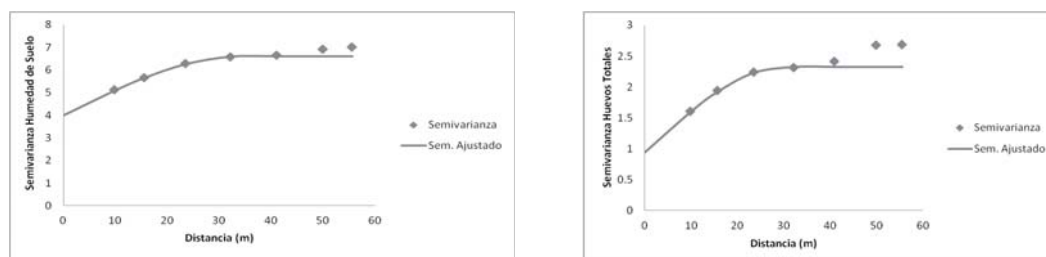


Figura 1. Semivariogramas experimentales (●) y teórico (—) para las variables humedad del suelo (izquierda) y huevos totales (derecha).

Tabla 3. Parámetros del modelo de variación usado para las variables en la estimación poblacional de huevos de *Aeneolamia varia* en caña de azúcar.

Variable	Modelo	Rango (m)	C_0	C_0+C	$\%C_0$	Dependencia
Humedad (%)	Esférico	34,33	3,9790	6,6200	60,11	Moderada
Huevos totales	Esférico	30,22	0,9450	2,3200	40,73	Moderada
Huevos fértiles	Esférico	17,11	0,1854	0,4252	43,60	Moderada
Fertilidad (%)	Esférico	26,24	486	573,76	84,70	Baja
Hf/ha	Esférico	14,55	3002257	460656	65,17	Moderada
Ht/ha	Esférico	11,08	61811	85292	72,47	Moderada

C_0 : Nugget; C_0+C : Umbral; $\%C_0 = (C/C_0+C)*100$.

caracterizado por una fluctuación (ascenso y descenso) de la semivarianza alrededor del umbral. El efecto anidado indicó que el patrón de variación espacial de la variable se repitió a medida que aumentaba la distancia, haciendo más confiable la estimación de los sitios no muestreados utilizando cuando se usó el método de interpolación Kriging.

Los modelos teóricos indicaron un rango o alcance mayor para el contenido de humedad en el suelo (>34 m) con respecto a las variables relacionadas con la presencia de huevos de candelilla (≤ 30 m), indicando que la humedad de suelo presenta una mayor dependencia espacial y que deben existir otros factores que influyen en la ovoposición de la hembra adulta de candelilla en el campo (Tabla 3). Éste comportamiento se podría explicar por el hábito de la hembra de oviponer los huevos superficialmente a pocos centímetros del suelo y cerca de la base de los tallos donde abundan las raíces secundarias, los cuales son los sitios propicios para el establecimiento y alimentación de las ninfas (Guagliumi, 1962).

Al comparar los huevos totales y huevos fértiles, se aprecia una mayor dependencia espacial para el caso de los huevos totales, indicando una mayor concentración de los huevos fértiles en sitios específicos del campo, lo cual evidencia un patrón de distribución espacial agregada o de contagio. Estos resultados fueron coincidentes con los reportados por Figueredo y col (2011).

Los parámetros de los semivariogramas o modelos de variación espacial de las propiedades fueron utilizados en el proceso de interpolación por Kriging, lo cual permitió obtener los mapas del comportamiento espacial de las variables bajo estudio (Figuras 2 al 5).

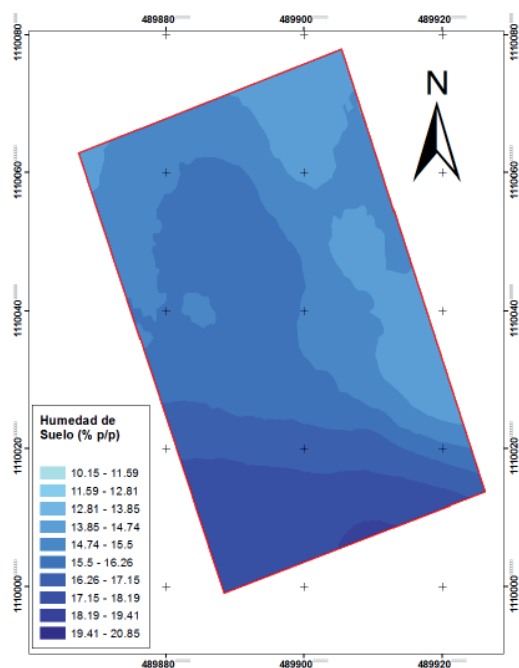


Figura 2. Distribución espacial del contenido de humedad en el suelo.

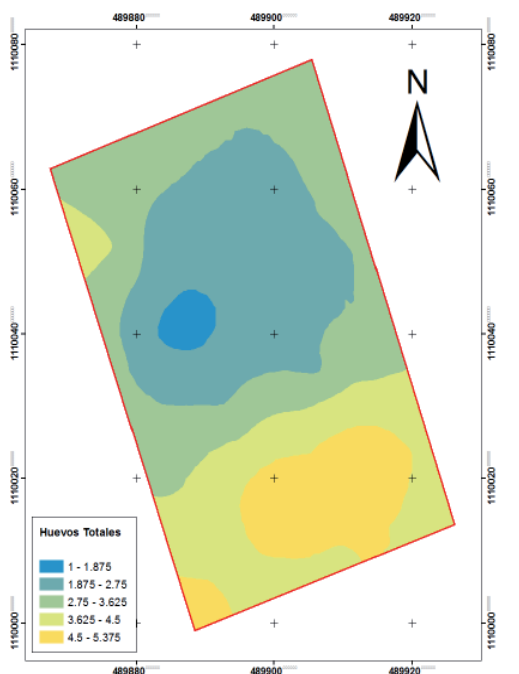


Figura 3. Distribución espacial de huevos totales de *Aeneolamia varia*.

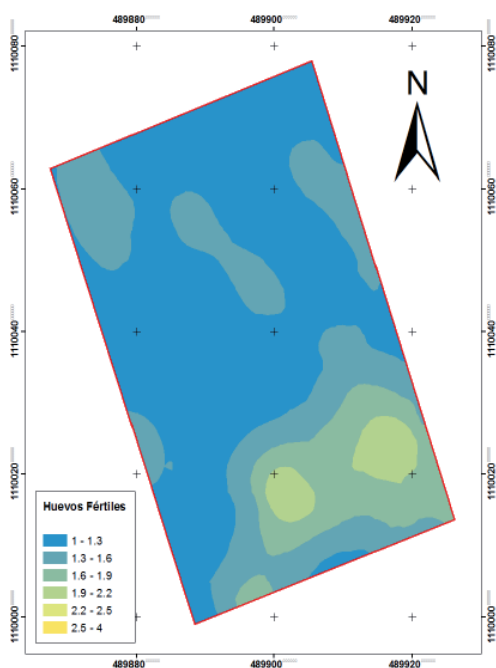


Figura 4. Distribución espacial de huevos fértiles de *Aeneolamia varia*.

En las figuras 2 y 3, se aprecian los mapas de contenido de humedad del suelo (%H) y huevos totales del insecto (Ht). Se evidencia que el contenido de humedad presentó valores entre 10,2 y 20,8%, incrementándose hacia la zona sur y sur este del ensayo. Al evaluar el mapa de número de huevos totales, se observa que ésta varió su densidad entre 1 y 5,37, presentándose los mayores centros de agregación en la zona sur este y sur oeste del ensayo, cerca del perímetro de la parcela (Figura 3).

Cabe destacar que al superponer los mapas temáticos de humedad del suelo y huevos totales (Figuras 2 y 3), se visualiza la aparente preferencia de la hembra adulta de candelilla de seleccionar los sitios de mayor contenido de humedad para oviponer. Linares (2002) corrobora éste hábito de la hembra adulta de selección de zonas con condiciones climáticas de alta humedad, que influyen en el proceso de eclosión de los huevos y sobrevivencia de las ninfas.

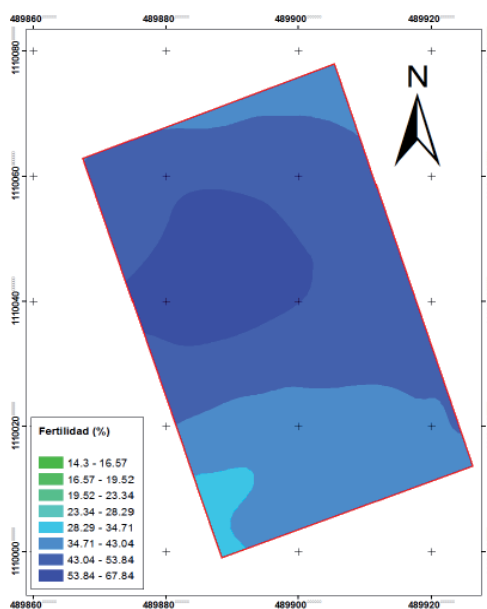


Figura 5. Distribución espacial del porcentaje de fertilidad de huevos de *Aeneolamia varia*.

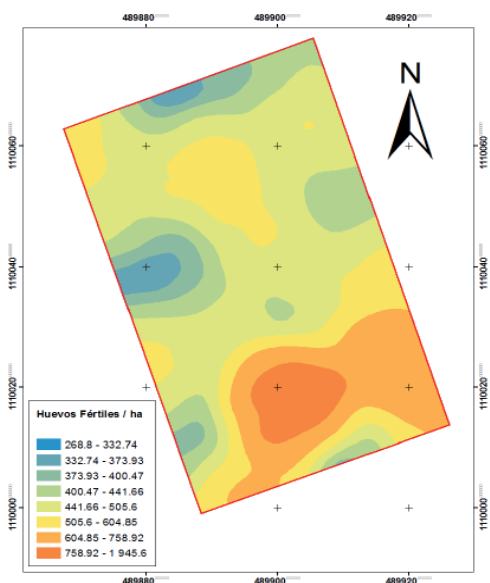


Figura 6. Distribución espacial de huevos totales por hectárea de *Aeneolamia varia*.

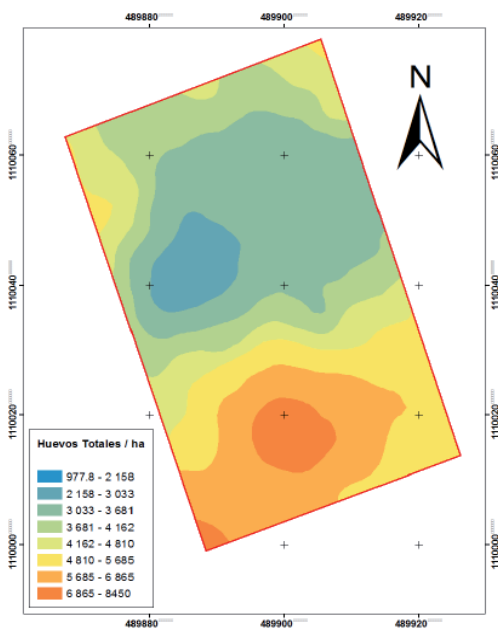


Figura 7. Distribución espacial de huevos fértiles por hectárea de *Aeneolamia varia*.

En la Figura 4, mapa de distribución espacial de huevos fértiles (Hf), mostró una fluctuación en su densidad entre 1 y 4, presentando un comportamiento similar a los huevos totales (Ht), en el cual se apreciaron los valores más altos hacia el sector sur este de la parcela. Sin embargo, es de resaltar que en el caso de los huevos fértiles, se aprecia una mayor agregación en sitios específicos de la parcela del ensayo, aspecto que se relaciona con la menor dependencia espacial (menos alcance) de esta propiedad, si se compara con los huevos totales (Figura 3, Tabla 3).

Por otro lado, el porcentaje de fertilidad de los huevos (%F), reportó una variación entre 14,3 y 67,8%, presentándose el mayor centro de agregación en la parte noroeste del ensayo y con valores decreciente hacia la parte sur oeste del ensayo, área donde el suelo presentó valores medios en el porcentaje de humedad (Figura 2).

Cuando se analizan los mapas temáticos de las variables, huevos totales y fértiles por hectárea, se apreció un comportamiento similar a las variables huevos totales y fértiles (Figuras 3 y 4), respectivamente. Este hecho es motivado a una estimación lineal en base a una superficie de una hectárea (Figuras 6 y 7). De manera general, se podría decir que los mapas ayudan para visualizarlas áreas de mayor infestación del insecto, esto permite ser más preciso en el manejo y control del insecto.

Conclusiones

Se determinó una estructura espacial agregada en la distribución de huevos de *Aeneolamia varia* en caña de azúcar, siendo el nivel de dependencia espacial de la misma moderada.

El modelo esférico fue el que mejor se ajustó a la estructura espacial de poblaciones de huevo de *Aeneolamia varia*.

El rango o alcance máximo a la cual se correlacionaron los datos de la variable huevos totales (Ht) tuvo un valor de 30,22 m, lo cual indicó que la distancia de muestreo utilizada en el presente estudio fue adecuada.

La cantidad de huevos totales (Ht) y fértiles (Hf) fue mayor en los lugares donde el contenido de humedad del suelo (%H) fue mayor (correlación positiva). Sin embargo, es importante indicar que en el ensayo no se consideró la influencia que pudiera haber tenido la ubicación espacial de las diferentes variedades de caña de azúcar que se estaban evaluando bajo los objetivos del Programa Venezolano de Desarrollo de Variedades de Caña de Azúcar (PVDVCA). Por tanto se recomienda que esta variable debe ser considerada, de manera individual y en conjunto con el contenido de humedad para confirmar el grado de influencia que pudieran tener cada una.

Los mapas creados mostraron la distribución espacial de las variables medidas de manera precisa, explicando el comportamiento y asociación de la variable en las distintas direcciones del espacio.

La técnica de geoestadística es una herramienta poderosa en la determinación y estimación de la distribución espacial de cualquier variable que se mida. En el caso de este estudio podría servir de base para orientar programas de manejo y control integrado del insecto a través del análisis, modelaje y monitoreo de variables previamente definidas.

Autores: (viene de la pág. 31)

² Estudios en Ingeniería Agronómica y Maestría en Ciencias del Suelo en la Universidad Central de Venezuela, con más de 20 años de experiencia como investigador en INIA en el área de Recursos Agroecológicos y como Profesor de Ciencias del Suelo en la UCV. Producto del trabajo de investigación se han generado más de 40 publicaciones como autor principal y coautor y participado como ponente en más de 100 eventos científicos, principalmente en las áreas de evaluación de tierras, agroecología y relación clima - suelo - cultivo.

³ Doctorado en Ciencias Naturales (Universidad de Göttingen. Alemania), con más de 20 años de experiencia como Investigador y Profesor Universitario. Autora de más de 40 publicaciones científicas y divulgativas y participante en más de 100 eventos científicos relacionados con el área de formación. Actualmente se desempeña profesionalmente como Arquitecto de Soluciones Agrícolas en SofOS Organización del Conocimiento.

⁴ Master en Sistemas de Información Geográfica. Universidad de Girona (UNIGIS). Girona, España, con experiencia en el área de cartografía, sensores remotos y sistemas de información geográfica por más de 18 años, trabajando en el Centro Cartográfico de la UNELLEZ VPA como cartógrafo.

Referencias bibliográficas:

Arias M. 2003. Manual de operaciones para el manejo integrado de la candelilla. Central Azucarero Portuguesa. 33 p (Mimeografiado).

Australian Center for Precision Agriculture. 2006. VESPER: Variogram Estimation and Spatial Prediction Plus Error. Version 1.6. University of Sydney, Australia. 25 p.

Casanova E. Introducción a la Ciencia del Suelo. Universidad Central de Venezuela (UCV) – CDCH. Caracas; 1994. 393 p.

Castro U, Morales A, Peck D. Dinámica poblacional y fenología del salivazo de los pastos *Zulia carbonaria* (Lallemand) (Homoptera: Cercopidae) en el valle geográfico del Río Cauca, Colombia. Neotropical Entomology. 2005; 34 (3): 459-470.

CENGICANÁ (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar). 1998. Manual técnico. Manejo Integrado de la Chinche Salivosa de la caña de azúcar. Victor Salgero y Adlai Meneses (ed.). Guatemala. 33 p.

Crist T O. The spatial distribution of termites in shortgrass steppe: a geostatistical approach. Oecologia. 1998; 114: 410-416.

Di Rienzo J A, Casanoves F, Balzarini M G., Gonzalez L, Tablada M, Robledo C W. InfoStat versión 2016. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.

ESRI (Environmental Systems Research Institute) 2011. ArcGIS Desktop. Release 10.0. Redlands, CA.

Figueredo L, Andrade O, Niño M, Quintero J, Aza G. Distribución espacial de huevos de *Aeneolamia varia* (Fabricius) (Hemiptera: Cercopidae) en caña de azúcar a través de un sistema de información geográfica. Revista UNELLEZ de Ciencia y Tecnología. 2011; 29: 59-66.

Gallardo, A. 2006. Geoestadística. Ecosistemas. 2006/3. URL: <https://fjferreer.webs.ull.es/Bibliog/Biblio/Geoestadistica.pdf>

- Guagliumi P. Las plagas de la caña de azúcar en Venezuela. Tomo I y II, Ministerio de Agricultura y Cría. Centro de Investigaciones Agronómicas. Maracay, Venezuela; 1962. 850 p 322-347.
- Isaaks E H., Srivastava R M. An Introduction to Applied Geostatistics. Oxford University Press, New York, USA; 1989. 561 p.
- Liebhold A M., Zhang X, Hohn M E., Elkinton J S., Ticehurst M, Benzon G L, Campbell R W. Geostatistical analysis of gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae) egg mass population. *Environmental Entomology*. 1991; 20 (5): 1407-1417.
- Linares B. La utilización de umbrales para el manejo de la candelilla de la caña de azúcar *Aeneolamia varia* (Homoptera: Cercopidae) en Venezuela. *Revista Caña de Azúcar*. 2002; 20 (2): 17-46.
- Moral F J. Aplicación de la geoestadística en las ciencias ambientales. *Revista Ecosistemas*. 2004; 13 (1): 78-86.
- Peck D C. Diversidad y distribución geográfica del salivazo (Homoptera:Cercopidae) asociado con gramíneas en Colombia y Ecuador. *Revista Colombiana de Entomología*. 2001; 27 (3-4): 129-136.
- Ramírez-Dávila J F, González-Andujar J L, Ocete R, López-Martínez M A. Descripción geoestadística de la distribución espacial de los huevos del mosquito verde *Jacobiasca lybica* (Bergevin & Zanon) (Hemiptera:Cicadellidae) en viñedo: modelización y mapeo. *Boletín Sanidad Vegetal Plagas*. 2002, 28: 87-95.
- Rodríguez A, Alfaro D. Protocolo para la cuantificación de la densidad de huevecillos de salivazo, *Aeneolamia postica* (Homoptera:Cercopidae), en terrenos sembrados con caña de azúcar en Costa Rica (Resumen) *Memorias del 5º Congreso ATALAC*, 2000. San José, Costa Rica. p 261.
- Robertson, G.P. 1987. Geostatistics in ecology: interpolating with known variance. *Ecology* 68: 744-748.
- Rossi R.E., Mulla, D.J., Journel, A.G. y Franz, E.H. 1992. Geostatistical tools for modeling and interpreting ecological spatial dependence. *Ecological Monographs* 62: 277-314.
- Tannure C L, Mazza S L. Caracterización geoestadística de la distribución espacial de *Alabama argillacea* Hubner (Lepidoptera: Noctunidae) en el cultivo del algodónero. *Comunicaciones Científicas y Tecnológicas [Documento en línea]* 2004 [citado 22 marzo 2016]; [4 pantallas]. Disponible en: <http://200.45.54.140/unnevieja/Web/cyt/com2004/5-Agrarias/A-017.pdf>.
- Tukey J. *Exploratory data analysis*. Addison-Wesley Publishing Co., Reading, MA; 1977. 668 p.
- Vera-Casanova R, Guerrero C. Análisis geoestadístico de la variabilidad espacial de plagas. [Documento en línea] 2009 [citado 22 marzo 2016]; [10 pantallas]. Disponible en: <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/319/1/520.pdf>.