

Análisis espacial de la intensidad del tizón temprano en tomate en tres municipios de Cienfuegos en la campaña 2012-2013

Spatial analysis of the early blight intensity of tomato in three municipalities of Cienfuegos in the 2012-2013 campaign

Mailiu Díaz Peña¹, Lisvany Rodríguez Pérez², Gladys Casas Cardoso³, Leónides Castellanos González¹, José Quintín Cuador Gil⁴

¹Centro de Estudio para la Transformación Agraria Sostenible. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez". Cienfuegos, Cuba

²Estación de Protección de Plantas de Lajas. Cienfuegos. Cuba

³Facultad de Matemática, Física y Computación, Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas, Santa Clara, Villa Clara, Cuba

⁴Departamento de Física. Universidad de Pinar del Río "Hermanos Saíz Montes de Oca", Pinar del Río, Cuba.

E-mail: mdiazp@ucf.edu.cu; gcasas@uclv.edu.cu; cuador@info.upr.edu.cu

RESUMEN. Esta investigación fue desarrollada a partir de la información obtenida de un agente nocivo en el territorio de la Estación de Protección de Plantas (EPP) de Lajas en la Provincia de Cienfuegos que comprende los municipios: Lajas, Cruces y Palmira. En la misma se analizó la intensidad espacial del tizón temprano (*Alternaria solani* Sor.) en la campaña 2012-2013. Se efectuó un análisis del cumplimiento de los requisitos de estacionaridad necesarios para el estudio, lo que incluyó el ajuste a la distribución normal, la identificación de valores atípicos y el análisis de la estadística básica, para determinar la existencia de estacionaridad; posteriormente, se representó el mapa de variograma, para el análisis de anisotropía, que acompañado por los semivariogramas direccionales permitieron determinar las direcciones de mayor y menor continuidad espacial, y ajustar modelos teóricos a los semivariogramas experimentales. Como resultado se obtuvo el mapa de estimación con el modelo de mejor ajuste que presentó un coeficiente de determinación mayor que el 95% y coeficiente de correlación mayor que 0,95. Se obtuvo con este procesamiento, una mejor herramienta para la toma de decisiones en la sanidad vegetal en las EPPs para establecer tácticas de control dirigidas hacia los focos específicos de infestación; asimismo, mejorar el manejo del cultivo del tomate y otros cultivos que pueden ser afectados por este agente nocivo.

Palabras clave: geoestadística, semivariograma, tizón temprano, tomate.

ABSTRACT. This research was developed from information obtained from a damaging agent in the territory of the Plant Protection Station (PPS) of Lajas in the province of Cienfuegos in the municipalities: Lajas, Palmira and Cruces. The spatial intensity of early blight (*Alternaria solani* Sor.) is analyzed in 2012-2013 campaign. An analysis of the requirements of stationarity required for the study was made, which included the adjustment to the normal distribution, identification of outliers, analysis of basic statistics to determine the existence of stationarity; subsequently the variogram map for analysis of anisotropy was represented, which accompanied by the directional semivariograms allowed to determine the directions of higher and lower spatial continuity, and theoretical model was fitted to the experimental semivariograms. As a result the map estimation was obtained with the best fit model which presented a determination coefficient greater than 95 % and coefficient of correlation greater than 0,95. With this processing is obtained, a better tool for decision making in Plant Protection Station to establish control tactics aimed at specific pockets of infestation and improve the management of tomato and other crops that can be affected by this harmful agent.

Key words: geostatistics, semivariogram, early blight, tomato.

INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicon* L.) es la hortaliza de mayor importancia en el mundo, pues representa más del 30 % de la producción hortícola. Su

superficie de siembra es de 4 161 295 ha, la producción de 110 513 591 t y el rendimiento promedio de 27 t.ha⁻¹ (Moya *et al.*, 2007). En Cuba,

este cultivo ocupa aproximadamente el 36 % del área destinada a la siembra de hortalizas, con una producción de 266,3 miles de toneladas; es cultivado en todas las provincias del país, con un rendimiento promedio de 7 t.ha⁻¹, uno de los más bajos de Centro América (22 t.ha⁻¹) y del mundo (27 t.ha⁻¹). (Toledo et al., 2012)

La utilización de los sistemas de información geográfica (SIG) en diversos campos del quehacer humano, se ha incrementado en los últimos años al demostrar que es una herramienta muy útil en la toma de decisiones. Uno de los aspectos de mayor utilidad ha sido el estudio de la variabilidad espacial de suelos y la predicción de valores en puntos no muestreados a través del uso de las interpolaciones, herramienta SIG muy utilizada en conjunto con las metodologías de muestreo. (Henríquez et al., 2005)

La Estación de Protección de Plantas de Lajas atiende los municipios Palmira, Lajas y Cruces para un total de 26 Cooperativas de Créditos y Servicios (C.C.S.) dedicadas a cultivos varios, que en la última campaña 2011-2012 cultivaron 640,4 ha de tomate.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para realizar esta investigación se tuvieron en cuenta los datos de los informes de las campañas, los Registros Territoriales Históricos y los recorridos de itinerario en las fundamentales zonas tomateras de los municipios: Lajas, Cruces y Palmira. La información se tomó en la etapa fenológica del tomate comprendida entre 60-70 días de plantado el cultivo en la campaña 2012-2013. Se trabajó con una de las plagas clave del tomate *Alternaria solani* Sor. definida por González (2010). Se siguieron tres etapas: análisis exploratorio de los datos, determinación de la tendencia espacial y la estimación de las variables con la validación de los modelos.

Para evaluar *A. solani* se aplicó la metodología de señalización utilizada para este agente (INISAV, 1979) donde se muestrean 100 plantas en diagonal por campo. Para la realización de la metodología se chequearon no menos de 10 puntos, preferentemente en los lugares más bajos y húmedos del campo, en cada punto de muestreo las observaciones fueron dirigidas a las hojas más viejas

Según un análisis histórico, desde el año 2007 hasta la fecha se observa una disminución de las áreas dedicadas al cultivo del tomate en la Estación de Protección de Plantas (EPP) de Lajas, con un aumento de las áreas afectadas por el tizón temprano (*Alternaria solani* Sor.) en el nivel medio, en más de la tercera parte, con una disminución en el nivel ligero.

En la actualidad se conoce poco sobre la distribución e intensidad espacial de las plagas, enfermedades y malezas de los cultivos en Cuba, para lo cual se desarrolla una investigación de doctorado en la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Cienfuegos y esta tributa a la misma. Los mapas de estimación de los agentes nocivos clave del cultivo del tomate pueden ser de gran utilidad para establecer tácticas de control más efectivas, a la vez que permite hacer un uso más racional de los plaguicidas, con el consiguiente ahorro económico y protección medioambiental.

El objetivo general de este trabajo es analizar la intensidad espacial del tizón temprano en el cultivo del tomate, en los tres municipios de Cienfuegos de la EPP de Lajas, en la campaña 2012-2013.

y posteriormente se determinó la variable intensidad de ataque.

Para determinar la intensidad de ataque (I_a) se aplicó la fórmula de Townsend y Henberguer. (CIBA-GEIGY, 1981)

Para determinar los índices ligeros, medios e intensos según la intensidad en campo, se tuvo en cuenta el Manual de Funciones de la Sanidad Vegetal (CNSAV, 2006) donde:

Ligero (L): si $I_a < 10\%$

Medio (M): cuando $10\% \leq I_a < 25\%$

Intenso (I): si $I_a \geq 25\%$

Se utilizaron los software: MapInfo v. 8.5, Surfer v. 9 y el paquete estadístico SPSS v. 15.0.

El semivariograma se ajustó a los modelos teóricos: esférico, exponencial y gaussiano; además, fue utilizado como método de interpolación, el krigeaje ordinario.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se muestra la ubicación geográfica de los campos muestreados a partir del cuadrante,

la cuadrícula y la subcuadrícula de los 18 campos estacionarios y los 23 de los recorridos de itinerario para un total de 41 muestras.

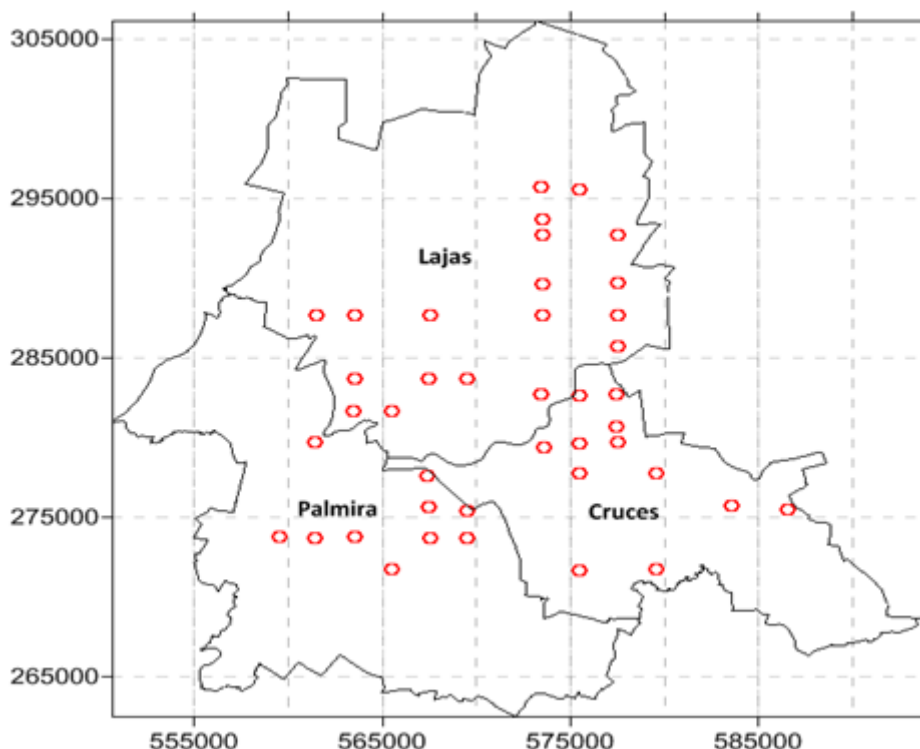


Figura 1. Representación geográfica de los campos muestreados

Los estadísticos descriptivos permitieron determinar que la variable presentó una media variabilidad espacial y coeficiente de asimetría menor de 0,5 sin presencia de valores atípicos, resultado que coincide con los alcanzados por González (2010) y Díaz (2011); pero difieren en los índices al ser casi la mitad el valor máximo alcanzado en esta campaña comparado con las campañas del 2003-2008 analizadas por los autores antes mencionados.

Se determinó que la variable sigue una distribución normal con una significación asintótica bilateral igual

a 0,63. La prueba de regresión lineal múltiple, como se muestra en la tabla 1, arrojó la presencia de estacionaridad con un valor de probabilidad menor que 0,05, aunque los coeficientes de determinación son bajos, lo que no coincide con los resultados de Díaz (2011). Aunque según Gallardo (2008) en la mayoría de los casos la estacionaridad es “global”, pero no se encuentra estacionaridad “local”, con lo que restringe el uso de vecinos a distancias convenientemente cortas y se pueden realizar estimaciones robustas de la variable en el espacio según recomienda.

Tabla 1. Prueba de regresión lineal múltiple del tizón temprano

Modelo	R ²	R ² -ajustado	Valor de Probabilidad
$z=82.86+3.08E-005x+0y$	0,21	0,16	0,01

La distancia máxima de un par de observaciones para las dos variables fue aproximadamente igual a 27 850 m, menor que la distancia máxima calculada por Díaz (2011); en el análisis variográfico el máximo valor que tomó el paso (h) fue de 13 925 m.

En el mapa de variograma (figura 2) se identificó la presencia de anisotropía, que también se comprobó con el cálculo del semivariograma omnidireccional y los semivariogramas direccionales, donde 45° y 135° son las direcciones de mayor y menor continuidad espacial respectivamente.

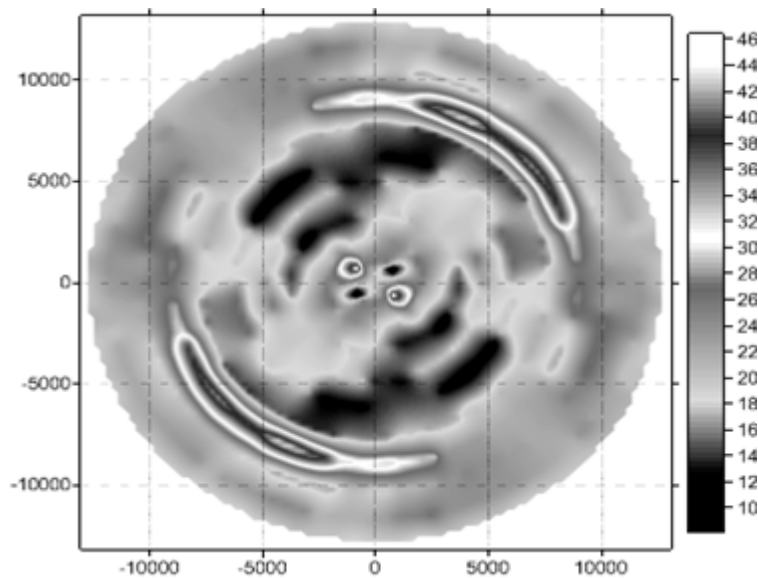


Figura 2. Mapa de variograma de la intensidad del tizón temprano

El modelo de mejor ajuste fue el gaussiano ($Z=0,39+20\text{Gau}(1300)$), con un bajo efecto pepita, el coeficiente de determinación de 99,82 % y un coeficiente de determinación ajustado de 99,81 %.

El mapa de estimación de la intensidad del tizón temprano (figura 3) mostró que la mayoría de los valores oscilan entre 10 y 13 %, intervalo clasificado como medio. Los valores más intensos, mayores que el 16 % se mostraron en Palmira y al sureste de Cruces, mientras que los más ligeros

(entre 1 y 4 %) se observaron en el municipio de Lajas.

Las áreas con niveles medios en el municipio de Palmira, pueden estar relacionadas con la cultura que presentan los productores de esta zona en cuanto al manejo del cultivo y la existencia de una estructura técnica fitosanitaria deteriorada en las bases productivas, lo que coincide con los resultados obtenidos por González (2010) y Díaz (2011). Además, muchas de estas áreas no cuentan con el paquete tecnológico para la protección de las mismas.

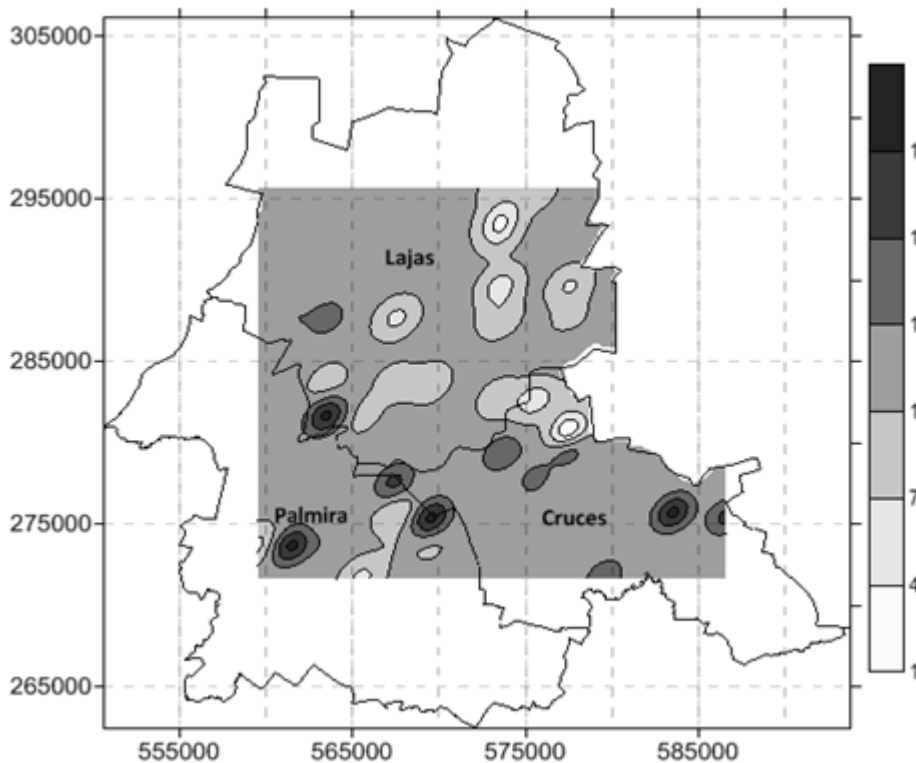


Figura 3. Mapa de estimación de la intensidad del tizón temprano

Los criterios de validación cruzada fueron superiores a los alcanzados por Díaz (2011) debido a que permitieron determinar que para ambas variables los datos interpolados con respecto a los muestreados,

presentaron una correlación alta mayor que 0,95, con media de los errores y error cuadrático medio muy próximo a cero.

CONCLUSIONES

1. El análisis exploratorio de los datos permitió comprobar el cumplimiento de los requisitos geoestadísticos de la variable en estudio.

2. La variable presentó anisotropía geométrica y se ajustó el semivariograma al modelo gaussiano, con coeficientes de determinación mayor que el 95%.

3. En el mapa de estimación se mostró que los valores están en los niveles ligero y medio, siendo mayor la intensidad del tizón temprano en los límites de Palmira.

4. El modelo ajustado fue validado con una correlación mayor que 0,95; con media de los errores y desviación típica próxima a cero.

BIBLIOGRAFÍA

1. CIBA-GEIGY: Manual de ensayos de campo en protección vegetal (2da. ed.). División Agricultura, Werner Püntener, Suiza, 1981.

2. CNSAV: Manual de funciones y procedimientos del sistema estatal de protección de plantas para las estaciones territoriales. Ciudad de la Habana, Cuba, 2006.

3. Díaz, M: Estimación espacial de tres agentes nocivos del cultivo del tomate en la EPP de Lajas. Tesis de Maestría en Matemática Aplicada, Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez", Cuba, 2011, 149 p.

4. Gallardo, A: Métodos Geoestadísticos para el análisis de datos ecológicos espacialmente explícitos. 2008. Ecología Espacial, España. En sitio web: http://www.escet.urjc.es/biodiversos/espa/investigacion/intercambio/doc/publicaciones/Ecologia_espacial_book_Cap6.pdf. (Consultado el 01-02-2014).

5. González, E. M.: Niveles de incidencia de las principales plagas y enfermedades del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en relación a las variedades, condiciones meteorológicas, y distribución espacial del cultivo en el territorio de la Estación de

Protección de Plantas de Lajas, Cienfuegos. Tesis de Maestría en Agricultura Sostenible, Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez," Cuba, 2010, 120 p.

6. Henríquez, C.; R. Killorn; F. Bertsch; F. Sancho: La geoestadística en el estudio de la variación espacial de la fertilidad del suelo mediante el uso del interpolador kriging. *Agronomía Costarricense*, 29(2): 73–81, 2005.

7. INISAV: Metodología de señalización y pronóstico de plagas y enfermedades en los cultivos. MINAGRI, Cuba, 1979.

8. Moya, C.; María E. Domini; Olimpia Gómez; Elein Terry; R. Plana: Tecnología para la producción de tomate. Manual para productores. Ediciones INCA, La Habana, Cuba, 2007, 41 p. ISBN: 978-959-7023-40-1.

9. Toledo, M.; E. Tamayo; S. Espinosa; J. Diéguez; P. Verdecia: Evaluación y selección de variedades de tomate (*Solanum lycopersicon* L.) en dos localidades de la provincia Granma. *Revista Granma Ciencia*, 16, 2012. En sitio web: http://www.grciencia.granma.inf.cu/vol%2016/1/2012_16_n1.a4.pdf

Recibido: 01/03/2014

Aceptado: 09/07/2014