ANALISIS GEOESTADISTICO DE LA VARIABILIDAD ESPACIAL DE PLAGAS

A. Rossana Vera Casanova[1], Cesar Guerrero[2]

[1] Ingeniería en Estadística e Informática, ICM-ESPOL, rossanavera@hotmail.com
[2] Mat. , MSc. en Matemáticas ICM-ESPOL, cguerrer@espol.edu.ec

Resumen: En el presente artículo se muestra la utilización de técnicas geoestadísticas para analizar la variabilidad espacial de la incidencia de la plaga Perkinsiella Saccharicida en las plantaciones de caña de azúcar del Ingenio San Carlos en los periodos 2002—2003 y 2003-2004. Los datos de la plaga Perkinsiella Saccharicida se la trabajo en agregaciones de dos niveles: ninfas grandes y adultos. Se realizó primero un análisis exploratorio de los datos, lo cual se pudo determinar que los datos de las capturas estaban sesgados, por lo cual se hizo la transformación logarítmica, para que los datos estuvieran menos sesgados, obteniendo dos variables: capturas e intensidad de capturas. Con el uso de técnicas y software geoestadísticos se determinó los semivariogramas omnidireccionales, experimentales y teóricos para cada una de las variables y cada uno de los períodos de la plaga; con los modelos teóricos de los semivariograma se realizaron los análisis de las estructuras espaciales. Con estos modelos se realizaron los mapas de estimaciones y varianza de error de las variables antes mencionadas, por medio de un kriging ordinario; con estos mapas se pudo llegar a observar la distribución espacial, donde se logró determinar zonas de altas incidencias de capturas e intensidad de capturas en los diferentes periodos.

Abstract: This paper is about the utilization of technical geostatistics for analyzed to analyze the space variability of the incidence of the plague Perkinsiella Saccharicida in the plantations of the cane of sugar of the Ingenious San Carlos in the periods 2002-2003 and 2003-2004 he data of the plague Perkinsiella Saccharicida you the work in aggregations of two levels: big nymphs and adults. One carries out an exploratory analysis of the data first that which you determine the data of the captures they were slanted the logarithmic transformation reason why it was made, so that the data fewer slanted were, two variables: captures and intensity of captures were obtained this way. With the use of technical and software geostatistics was determined the semivariograms omnidireccionals, experimental and theoretical for each one of the variables and each one of the periods of the plague; with the theoretical models of the semivariograma they were carried out the analyses of the space structures. With these models it was carried out the maps of estimates and variability of the variables, by means of an ordinary Kriging; with these maps you could end up observing the space distribution, where it was possible to determine areas of high incidence captures and intensity of captures in the different periods.

Palabras Claves: Geoestadistica, Kriging, Variogramas, estructura espacial, Perkinsiella Saccharicida

1. INTRODUCCIÓN

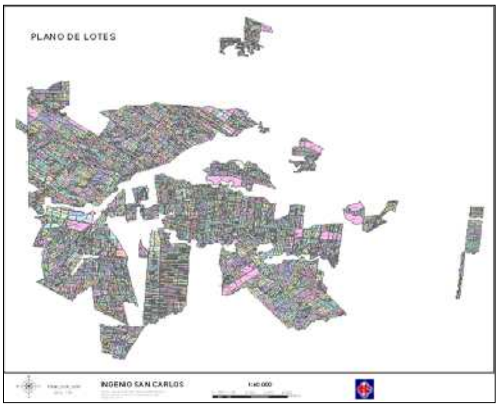
Para el control de plagas de cultivos, una parte importante es el conocimiento de la distribución de la plaga dentro de la zona productiva. Actualmente, aunque se conoce la distribución de la plaga, muchas veces no se conoce la estructura espacial de dicha distribución en una zona de cultivo.

Si se llegara a conocer la estructura espacial de la incidencia de la plaga en la zona productiva del cultivo, se podrían realizar controles localizados de acuerdo a la presencia de la plaga. Los controles localizados tendrían un bajo impacto ambiental y optimizarían el uso de recursos.

Para poder determinar la existencia de una estructura de variabilidad espacial de la incidencia de la plaga, los rangos de variabilidad espacial de la incidencia de la plaga; y, presentar mapas para observar focos de infestacion de la plaga perkinsiella saccharicida.

2. SOBRE LA ZONA DE ESTUDIO Y PERKINSIELLA SACCHARICIDA

El Ingenio San Carlos (4) se encuentra ubicado en el cantón Crnel. Marcelino Maridueña de la provincia del Guayas y tiene como principal actividad económica el cultivo e industrialización de la caña de azúcar, para lo cual maneja aproximadamente 22.000 hectáreas (16.000 Ha propias y 6.000 Ha de cañicultores y finqueros) con esta gramínea como monocultivo. Esta ubicado a una latitud 2° 16'S y una longitud 79° 25'O, a 35 metros sobre el nivel del mar. El promedio anual de temperatura de 25.18°C, con una máxima de 34°C y una mínima de 18°C. La precipitación promedio anual es de 1800 mm con una humedad relativa de 80%. En lo que respecta a la topografía de esta zona es plana y la textura del suelo va de franco– arenoso – limoso.



Fuente: Dep. Campo, ISC

El Ingenio está dividido, con fines de manejo administrativo y de control en: sectores, secciones, canteros; y desde el 2003 los canteros se han divido en lotes siendo estas las unidades fundamentales de manejo.

Con respecto a la perkinsiella saccharicida (3) podemos decir que, insecto fue reportado por primera vez en el Ecuador en 1966. Se encuentra presente en varias regiones del país, siendo una plaga importante en la cuenca baja del Guayas.

Las ninfas son gregarias (permanecen agrupadas), se congregan en la cara inferior y en la base de la hojas bajeras, mientras que, los adultos se ubican preferentemente en la parte superior de la planta cerca del cogollo. Los adultos son pequeñas chicharritas o saltahojas, de unos 5 mm de largo, de color marrón claro. La mayoría de ellos presentan alas (macrópteros) y un pequeño porcentaje de hembras no las tienen (branquipteras).

Los daños que producen las ninfas y los adultos es succionar la savia y causan heridas al alimentarse e incrustar huevos en los tejidos de las hojas. Las heridas causadas por la oviposición favorecen la entrada de microorganismos que ocasionan la pudrición roja. Además, las ninfas y los adultos producen una secreción azucarada que se deposita sobre las hojas y favorece el desarrollo del hongo Capnodium sp ("fumagina"), lo que le da una apariencia negrusca al follaje y reduce la fotosíntesis.

Cuando la infestación es elevada y persistente provocan un debilitamiento de la planta que se manifiesta por un amarillamiento de las hojas, crecimiento lento, acortamiento de los entrenudos, secamiento prematuro de las hojas y muerte de brotes jóvenes. Todo esto puede causar una reducción de hasta 36% de la producción.

3. CONCEPTOS DE GEOESTADISTICA

La Geoestadística (1) es la ciencia que se encarga del estudio de las variables numéricas distribuidas en el espacio y de la adecuada interpretación y evaluación de dichas variables.

La Geoestadistica, comprende a un conjunto de herramientas y técnicas que sirven para analizar y predecir los valores de una variable que se muestra distribuida en el espacio. Debido a su aplicaron orientada GIS, también se podría definir como la estadística relacionada con los datos geográficos, de ahí se le conozca además como estadística espacial.

Los pasos de un análisis geoestadístico son:

1. Análisis de los datos exploratorios (estadística estándar)
2. Análisis estructural (cálculo y modelación de variogramas).
3. Estimaciones (kriging o simulaciones).

Los variogramas son estimadores de la varianza poblacional, con una tendencia de estacionaridad, el Variograma esta relacionado con una dirección y distancia entre muestras, y es la principal herramienta básica que da soporte a las técnicas del kriging.

Los principales tipos de variogramas son:

- Variograma esférico.
- Variograma exponencial.
- Variograma lineal.
- Variograma gaussiano.

El kriging es un método de interpolación geoestadístico que nos proporciona un estimador lineal insesgado que hace que la suma de los errores tienda a cero y que la suma del cuadrado de las desviaciones sea mínima. El kriging usa un método de interpolación semejante a los de media móvil ponderada, donde los pesos son asignados a partir de un análisis espacial basado en el semivariograma experimental.

Los principales tipos de kriging son:

- Kriging ordinario.
- Kriging simple.
- Kriging de punto.
- Kriging de bloque.

4. PRE-PROCESAMIENRO DE LOS DATOS

Una vez obtenida la información de las bases de datos (4) donde se presenta la información de las evaluaciones por lotes y los lotes georeferenciados, se procedió al tratamiento de esta previo al ingreso en los software Geoestadísticos; se trabajó con dos niveles de datos, capturas e intensidad de capturas, previo al ingreso en los software Geoestadísticos.

Debido a interpretaciones a posteriori (5) de los mapas de estimación de las capturas, se tuvo que transformar los datos para tener mejores interpretaciones de intensidad de capturas. Para ello se realizo una transformación logarítmica como sugieren los artículos y libros (1) (3); esto se hace para obtener distribuciones menos sesgadas y más aproximadas a la normal. Además se logra con esto uniformizar la escala de los datos, esto debido a la gran variabilidad que existía entre ellos. Esta transformación se aplica a todos los lotes con los datos de las capturas, en los periodos analizados se propone la transformación de la siguiente manera:

$$LN(N_i) \qquad i = 0,1,2,3$$

5. PROCEDIMIENTO DE LOS DATOS PARA EL ANALISIS

Se usaron 3 módulos del Variowin 2.2: PREVAR, Vario2D y Model, para construir los variogramas omnidireccionales experimentales y los modelos teóricos de las capturas e intensidades de la plaga. Se usó el SADA 4.0 para obtener los mapas de estimación y variabilidad de las capturas e intensidad de plagas usando kriging ordinario que varia de acuerdo al periodo que se esté tomando como estudio.

6. ANALISIS GEOESTADISTICO

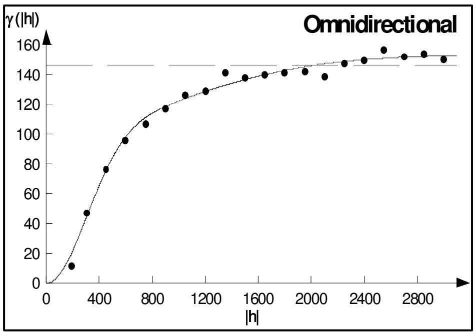
Como metodología general y, se realizará un análisis Univariado para los periodos 2002-2003 y 2003-2004 para las diferentes variable, luego se presenta de manera global el mapa que ubica los capturas de insectos de manera general por cada periodo por variable de estudio y mapas en zonas de interés para el estudio, una vez presentada el mapa con las zonas localizadas y su acercamiento en las zonas de altas captura e intensidad de capturas, se realizan los mapas de estimación y el mapa de varianza, considerando también las zonas de interés para este estudio

Análisis Capturas 2002-2003

El mejor modelo de ajuste para el semivariograma experimental tiene una estructura gaussiano – gaussiano con efecto pepita 0, la primera estructura con rango 725.4 y un sill de 103.48, la segundo estructura con un rango 2503.5 y un sill de 49.5.

$$\gamma(h) = 103.48\left(Gauss(\frac{h}{0.73})\right) + 49.5\left(Gauss(\frac{h}{2.50})\right)$$

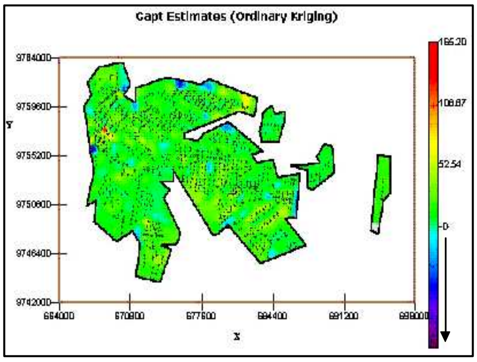
Gráfico 1
Semivariograma y Modelo Ajustado
Capturas. 2002-2003



Elaboración: Variowin 2.2

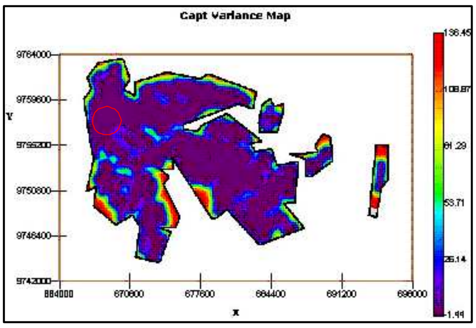
Luego de haber determinado el modelo, se elaboraron los mapas de estimación para el número de capturas y los mapas de varianza de las capturas, donde se muestra la densidad de plagas en el área de estudio. Los mapas de estimaciones y varianza del error, se muestran en el Grafico 2 y Grafico 3.

Gráfico 2
Mapa de Estimaciones
Capturas. 2002-2003



Elaboración: SADA 4.0

Gráfico 3
Mapa de Varianza
Capturas. 2002-2003



Elaboración: SADA 4.0

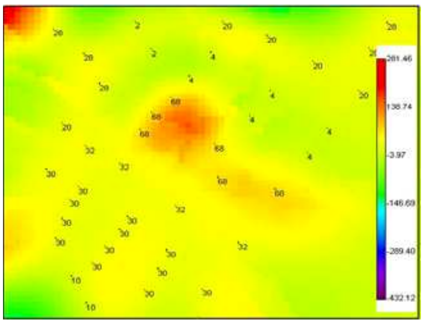
Se puede observar la distribución de la plaga perkinsiella Saccharicida en los lotes analizados de dicha área. Se Observa que, en la zona noroeste del mapa de San Carlos existió un foco de alta incidencia de capturas, que representa la captura más alta de este periodo.

A nivel global se observa en su totalidad pocas estimaciones bajas (verde), también se puede observar, estimaciones negativas (celestes a un tono morado), lo cual indican zonas subestimadas con capturas moderadas. En el mapa de varianza las zonas subestimadas tienen altas varianzas.

En el mapa de varianza se puede apreciar, que en la mayor parte de la zona de estudio existen zonas con baja varianza (morado) exceptuando las zonas subestimadas, donde se estimo que no hubo presencia de capturas, asi mismo, en las zonas periféricas que presentan una alta variabilidad (rojo), posiblemente debido a presencia de malezas gramíneas en los muros y bordes de canales de riego y drenaje, que son plantas hospederas de esta plaga.

A continuación se presenta un acercamiento de la zona de mayor incidencia en el mapa de estimación Grafico 4 y el mapa de varianza Grafico 5

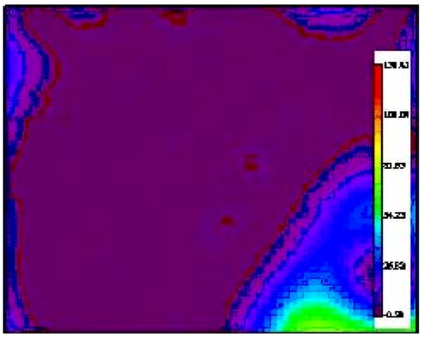
Gráfico 4
Acercamiento en el Mapa de Estimación de la zona de alta Captura. 2002-2003.



Elaboración: SADA 4.0

En la figura anterior, en el mapa de estimación, se puede observar el foco (rojo) cerca de los lotes 033601-033606 del cantero 039536, que representando una alta incidencia de captura a diferencia con los otros lotes. La alta concentración se expande por la zona (amarillo), a pesar de la distancia entre la zona infestada y las zonas aledañas a esta.

Gráfico 5
Acercamiento en el Mapa de Varianza de la zona de alta Captura. 2002-2003.

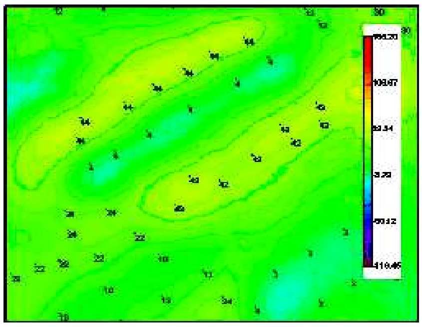


Elaboración: SADA 4.0

En el mapa de varianza que se muestra que el foco casi no presenta variabilidad, lo que este foco presenta una buena estimación.

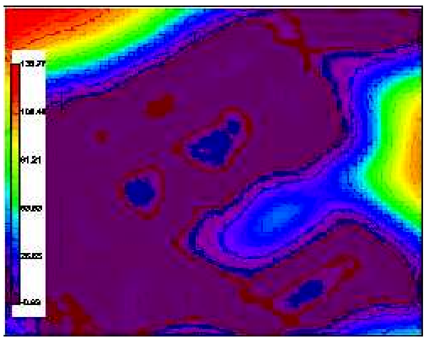
A continuación se presenta un acercamiento de la zona con pocas capturas en el mapa de estimación Grafico 6 y en mapa de varianza. Grafico 7.

Gráfico 6
Acercamiento en el Mapa de Estimación en la zona de bajas Captura. 2002-2003.



Elaboración: SADA 4.0

Gráfico 7
Acercamiento en el Mapa de Varianza en la zona de bajas Captura. 2002-2003.



Elaboración: SADA 4.0

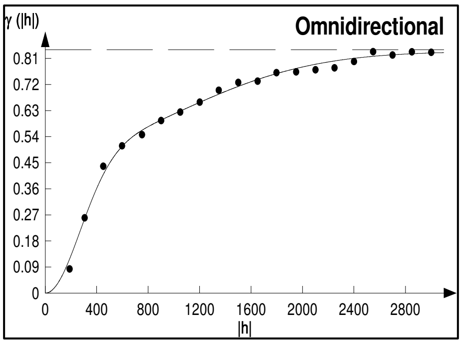
A diferencia, se presenta en le mapa una zona que existe bajas capturas, pero presenta cierta variabilidad, por lo cual no es una buena estimación.

Análisis Intensidad 2002-2003

El mejor modelo de ajuste para el semivariograma experimental tiene una estructura gaussiano – gaussiano y efecto pepita 0, la primera estructura con rango 643.5 y un sill de 0.49, la segundo estructura con un rango 2542.7 y un sill de 0.343.

$$\gamma(h) = 0.49\left(Gauss(\frac{h}{0.64})\right) + 0.34\left(Gauss(\frac{h}{2.54})\right)$$

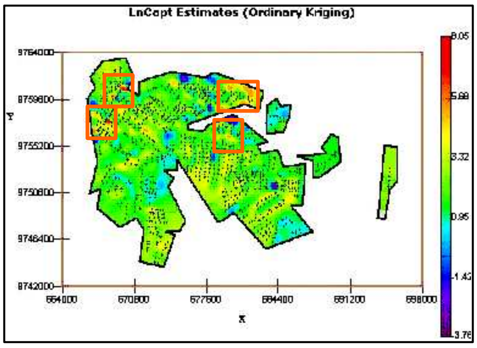
Gráfico 8
Semivariograma y Modelo Ajustado
Intensidad. 2002-2003



Elaboración: Variowin 2.2

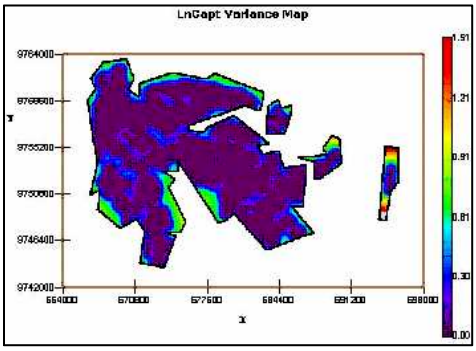
Luego de haber determinado el modelo, se elaboraron los mapas de estimación para la intensidad de capturas y los mapas de varianza de la intensidad de capturas, donde se muestre la intensidad de plagas en el área de estudio. Los mapas de estimaciones y varianza del error obtenidas, se muestran en el Grafico 8 y Grafico 9.

Gráfico 8
Mapa de Estimaciones
Intensidad. 2002-2003



Elaboración: SADA 4.0

Gráfico 9
Mapa de Varianza
Intensidad. 2002-2003



Elaboración: SADA 4.0

Se puede observar la intensidad de las distribuciones de la plaga perkinsiella Saccharicida. También se presentan zonas subestimadas con capturas leves (celestes).

A diferencia con el mapa de estimaciones de las capturas, encontramos más focos de alta y mediana intensidad de capturas.

A nivel global se observa en su totalidad pocas estimaciones bajas (verde), más zonas subestimadas (azules), estas estimaciones negativas, lo cual indican zonas subestimadas. En el mapa de varianza las zonas subestimadas tendrán altas varianzas.

En el mapa de varianza, se puede apreciar, que en la mayor parte de la zona de estudio existen zonas con baja varianza (morado) exceptuando las zonas periféricas que muestran cierta variabilidad (verde) y a diferencia del mapa de varianza de la variable captura, se puede observar que en estas zonas la varianza es menor. La única zona en la cual se presenta una variabilidad alta, es en el cantero ubicado en las zonas aledañas al ingenio.

Como se puede observar, en esta variable existen focos de alta y mediana intensidad de capturas (rojo y naranja), ubicado en la zona periférica norte lo que se determina que, aunque la captura no sea alta, se convierte en foco de infestación no afecta las estimaciones en las zonas cercanas, se puede determinar cierta variabilidad en zonas donde la intensidad de capturas es leve (morado mas suave), lo que presenta que esta zona tiene una buena estimación. En ciertas zonas presenta variabilidad debido a que cae fuera del área de estudio.

Los focos de mediana intensidad de capturas ubicados en la zona periférica este y noreste, lo que se determina que, dicho foco no afecta las estimaciones en las zonas cercanas, existe cierta variabilidad en la zona donde se presentan los focos de baja intensidad de capturas, observamos también, existen cierta variabilidad en zonas donde la intensidad de capturas se muestra levemente (celeste), lo que presenta que este foco tiene una buena estimación.

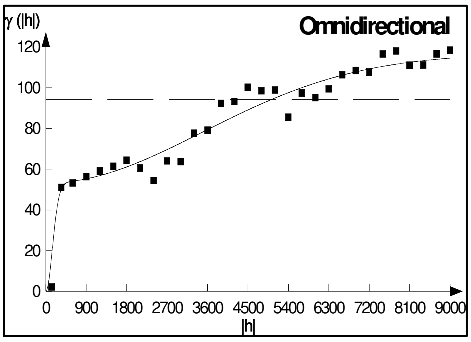
A diferencia, siendo estas zonas de alta y mediana intensidad de capturas, se estima que no presenta variabilidad. Existe baja intensidad en la variabilidad en ciertas zonas debido a que cae fuera del área de estudio, en cambio, se presenta una foco ubicado en la zona sureste que presenta poca intensidad de capturas, indicando que existe cierta variabilidad en la zona estimada, por lo cual no es una buena estimación.

Análisis Capturas 2003-2004

El mejor modelo de ajuste para el semivariograma experimental tiene una estructura gaussiano – gaussiano con efecto pepita 0, la primera estructura con rango 360 y un sill de 53.19, la segunda estructural con un rango 8550 y un sill de 63.64.

$$\gamma(h) = 53.19\left(Gauss\left(\frac{h}{0.36}\right)\right) + 63.64\left(Gauss\left(\frac{h}{8.55}\right)\right)$$

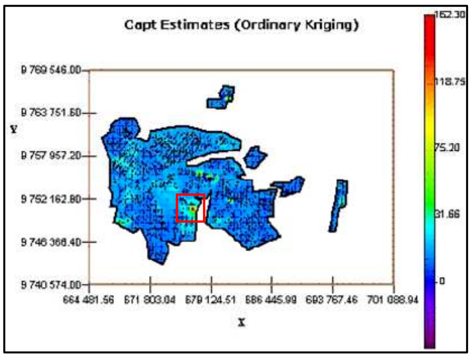
Gráfico 10
Semivariograma y Modelo Ajustado
Capturas. 2003-2004



Elaboración: Variowin 2.2

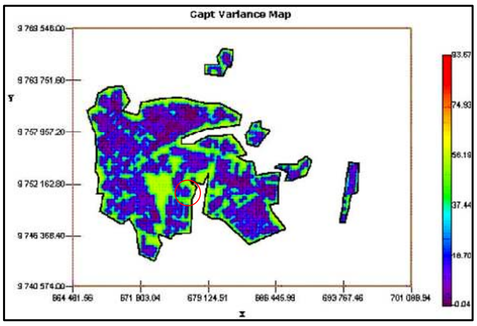
Luego de haber determinado el modelo, se elaboran los mapas de estimación para el número de capturas y los mapas de varianza de las capturas, donde se muestre la densidad de plagas en el área de estudio. Los mapas de estimaciones y varianza del error, se muestran en el Grafico 11 y Grafico 12.

Gráfico 11
Mapa de Estimaciones
Capturas. 2003-2004



Elaboración: SADA 4.0

Gráfico 12
Mapa de Varianza
Capturas. 2003-2004



Elaboración: SADA 4.0

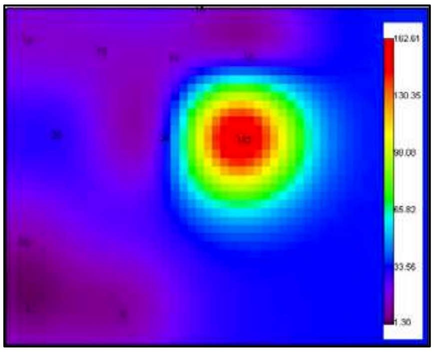
Se puede observar la distribución de la plaga perkinsiella Saccharicida en lotes analizados de dicha área. Se observa que, en la zona periférica sur del mapa de San Carlos existió un foco de alta incidencia de capturas, que representa la captura más alta de este periodo.

A nivel global se observa en su totalidad pocas estimaciones bajas (verde), también se puede observar, estimaciones negativas (celestes), lo cual indican zonas subestimadas. En el mapa de varianza las zonas subestimadas tendrán altas varianzas.

En el mapa de varianza podemos apreciar, que en la mayor parte de la zona de estudio existen zonas con baja varianza (morado) exceptuando las zonas subestimadas y periféricas que presentan cierta variabilidad (verde), asi mismo las zonas donde se estimó que no se realizaron evaluaciones, posiblemente que exista cierta variabilidad, debido a la presencia de malezas gramíneas en los muros y bordes de canales de riego y drenaje, que son plantas hospederas de esta plaga o por la falta de riego.

A continuación se presenta un acercamiento de la zona de mayor incidencia en el mapa de estimación y mapa de varianza. Grafico 17.

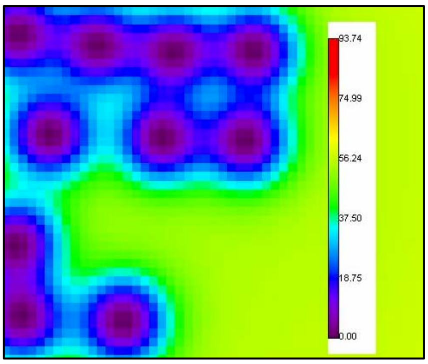
Gráfico 13
Acercamiento en el Mapa de Estimación de la Zona de alta Captura. 2003-2004.



Elaboración: SADA 4.0

En la figura anterior, en el mapa de estimación, se puede observar el foco (rojo), que pertenece es exactamente el lote 050003 del cantero 050100, representa una alta incidencia de captura con referencia a los otros lotes del cantero como los lotes de toda el área de estudio, lo que representa con un foco de alta incidencia. La alta concentración se expande por la zona (amarillo) a pesar de la distancia entre las zonas aledañas a esta.

Gráfico 14
Acercamiento en el Mapa de Varianza de la zona de alta Captura. 2003-2004.



Fuente: SADA 4.0

En la misma zona se realizo un acercamiento del mapa de varianza que se muestra en el mapa de estimaciones donde se ve afectada por la alta concentración de capturas en este periodo, vemos que no presenta mucha variabilidad (azul), exceptuando las zonas aledañazas, donde se estima que existe cierta variabilidad en los lotes donde se presento baja estimación de capturas (verde).

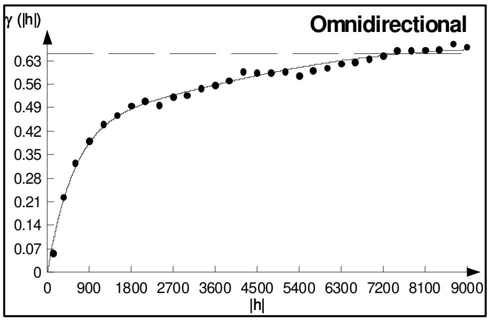
Como se puede observar en el mapa de estimación de esta variable, también se puede observar dos zonas con alta incidencias de capturas ubicadas en la zona sureste en el área de estudio y en la zona norte apartada de la gran parte del área de estudio existen focos de alta y mediana capturas, observamos que dichas zonas de altas y medianas capturas no presentan variabilidad en la zona infestada (azul), exceptuando las zonas aledañazas, donde se estima que existe cierta variabilidad (verde).

Análisis Intensidad 2003-2004

El mejor modelo de ajuste para el semivariograma experimental tiene una estructura exponencial – gaussiano y efecto pepita 0, el primer modelo con rango 1800 y un sill de 0.489, el segundo modelo con un rango 9000 y un sill de 0.182.

$$\gamma(h) = 0.49\left(Exp(\frac{h}{1.8})\right) + 0.18\left(Gauss(\frac{h}{9.0})\right)$$

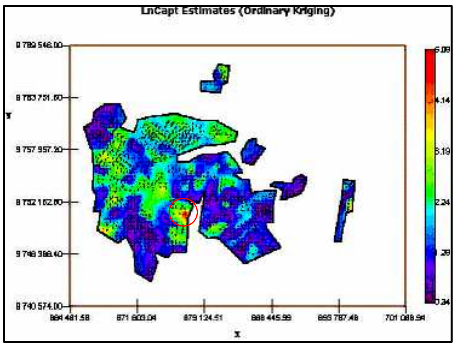
Gráfico 14
Semivariograma y Modelo Ajustado Intensidad. 2003-2004



Elaboración: Variowin 2.2

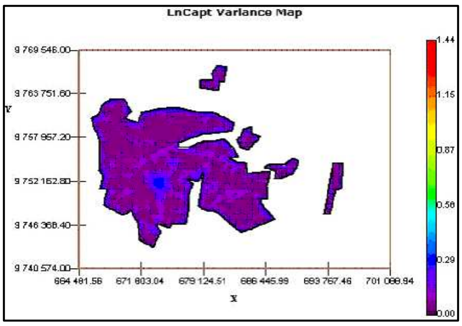
Luego de haber determinado el modelo, se elaboran los mapas de estimación para la intensidad de capturas y los mapas de varianza de la intensidad de capturas, donde se muestra la intensidad de plagas en el área de estudio. Los mapas de estimaciones y varianza del error obtenidos mediante el método Kriging para esta variable, se muestran en el Grafico 15 y Grafico 16.

Gráfico 15
Mapa de Estimaciones
Intensidad. 2003-2004



Elaboración: SADA 4.0

Gráfico 916
Mapa de Varianza
Intensidad. 2003-2004



Elaboración: SADA 4.0

Se puede observar la intensidad de las distribuciones de la plaga perkinsiella saccharicida También se presentan zonas subestimadas con capturas casi nulas (tonos oscuros).

A diferencia con el mapa de estimaciones de las capturas, encontramos solo un foco de alta intensidad de capturas, ubicado en la zona periférica sur y los focos que se presentaban en el mapa de estimaciones de la variable captura focos mediana incidencia de capturas, aparecen como zonas estimadas con baja intensidades de capturas.

A nivel global se observa en su totalidad estimaciones bajas (verde y azul), más zonas subestimadas o estimaciones negativas (azul), En el mapa de varianza las zonas subestimadas tendrán altas varianzas.

En el mapa de varianza, se puede apreciar, que en la zona de estudio no existe varianza (morado) exceptuando las zonas periféricas que muestran cierta variabilidad (azul) y a diferencia del mapa de varianza de la variable captura, se puede observa que existe una mejor estimación.

En esta variable existe una zona de alta intensidad de capturas, afecta a sus vecinos más cercanos, posiblemente a su corto rango de acción, también observamos que existen zonas subestimadas, posiblemente, porque no presentó intensidad de capturas.

En el mapa de varianza, se observa que no existe variabilidad en la zona de alta intensidad de captura, lo que presenta que esta zona tiene una buena estimación.

CUADRO I

Comparación entre Modelos en los periodos 2002-2003 y 2003-2004

	2002-2003			2003-2004		
	Modelos	Rango	Sill	Modelos	Rango	Sill
Capt.	Gaussiano	725.4	103.48	Gaussiano	360	53.19
	Gaussiano	2503.5	49.5	Gaussiano	8550	63.64
LnCapt	Gaussiano	643.5	0.4913	Exponencial	1800	0.49
	Gaussiano	2542.7	0.343	Gaussiano	9000	0.182

7. CONCLUSIONES

1. Existe una fuerte estructura de variabilidad espacial (efecto pepita nulo), lo cual podría deberse a que las distancias entre muestras son apropiada.

Respecto al análisis en el periodo 2002-2003 se tiene:

2. Para la incidencia de las capturas se presenta una estructura gaussiana de corto alcance (rango 725.4m, acumulación de variabilidad 67.67%, 0.14 Var/Km) y una segunda estructura gaussiana de largo alcance (rango 2503.5m, acumulación de variabilidad 32.33%, 0.019 Var/Km). El mapa de estimación presenta a nivel global baja incidencia de la plaga, y un foco de alta incidencia de la plaga, ubicada en la zona noreste; la variabilidad de estas estimaciones es en general baja, excepto en las zonas que se encuentran ubicadas en la periferia del área de estudio donde presentan alta variabilidad.

3. Para la intensidad de las capturas se presenta una estructura gaussiana de corto alcance (rango 643.5m, acumulación de variabilidad 62.5%, 0.83 Var/Km) y una segunda estructura gaussiana de largo alcance (rango 2542.7m, acumulación de variabilidad 37.5%, 0.13 Var/Km). El mapa de estimación presenta a nivel global bajas incidencias de capturas y cuatro focos de alta y mediana intensidad de capturas, ubicada en la zona noroeste, además, se muestran zonas de mediana intensidad de capturas ubicadas en las zonas norte y sureste del área de estudio; la variabilidad de estas estimaciones son en general bajas, excepto las zonas que se encuentran ubicadas en la periferia del área de estudio donde presentan alta variabilidad.

Respecto al análisis en el periodo 2003-2004 se tiene:

4. Para la incidencia de las capturas se presenta una estructura gaussiana de corto alcance (rango 360.0m, acumulación de variabilidad 42.52%, 0.15 Var/Km) y una segunda estructura gaussiana de largo alcance (rango 8550m, acumulación de variabilidad 54.47%, 0.007 Var/Km). El mapa de estimación presenta a nivel global moderadas incidencia de la plaga, y un foco de alta incidencia de la plaga, ubicada en la zona periférica del área de estudio; la variabilidad de estas estimaciones es en general baja, excepto en las zonas que se encuentran ubicadas en la periferia del área de estudio donde presentan alta variabilidad.

5. Para la intensidad de las capturas se presenta una estructura exponencial de corto alcance (rango 1800m, acumulación de variabilidad 72.91%, 0.27 Var/Km) y una segunda estructura gaussiana de largo alcance (rango 9000m, acumulación de variabilidad 27.08%, 0.02 Var/Km). El mapa de estimación presenta a nivel global bajas intensidades de capturas, y un foco de alta intensidad de capturas, ubicada en la zona periférica sur, también se presentaron nivel local en el mapa de estimación, una zona con leve intensidad de capturas ubicada en la zona sureste del área de estudio, siendo la misma zona que presento el análisis con los datos de las capturas, mostrando cierta variabilidad.

Respecto a la comparación de los periodos se tiene:

6. No existe mucha diferencia en las estructuras entre los dos periodos (gaussiano-gaussiano).

7. La estructura local se mantiene con el análisis de la variable capturas, la estructura regional cambia del periodo 2002-2003 en el análisis de las capturas (regional) con el periodo 2003-2004 en el análisis de las capturas (mico local); posiblemente a causa de que existió mas control de plaga; posiblemente debido a que se realizaron aplicaciones de fungicidas y la implementación de un método de control "vaca loca".

8. Las repercusiones de ciertos métodos de control realizados durante el periodo de estudio se ven reflejadas en la estructura de la variabilidad espacial.

9. No existe persistencia zonal de la plaga, ya que existe un cambio de ubicación de los focos de mayor captura de un periodo a otro, (Noroeste 2002-2003 y Sur 2003-2004).

Algunas Recomendaciones que se pueden hacer son las siguientes:

1. Se debería implementar un Sistema de Información Geográfica (GIS) en el cual se pueda consultar ubicación de los lotes durante los periodos en los que se ha venido realizando las evaluaciones.

2. Se recomienda realizar controles con radio de acción localizados, tendrían un bajo impacto ambiental y optimizarían el uso de recursos.

3. Seria recomendable realizar el monitoreo a una distancia de 2500 metros, si la distancia entre muestras es muy cercana se desperdiciaran recursos; y si las distancias entre muestras son lejanas se presentaran problemas en los mapas de estimación o variabilidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Pierre Goovaerts, Geoestatistics for Natural Resources Evaluation, Oxford, New York.

2. G. Sopó, *"Análisis Geoestadístico para la Determinación de la Distribución de Plagas en el Cultivo de Mango. Caso De Estudio: Granja Experimental de CEDEGÉ Chongón"* (Tesis, Instituto de Ciencias Matemáticas, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2004)

3. Carlos E. Buenaventura O. El Cultivo de la Caña de Azúcar en el Ecuador. (Guayaquil. Mayo 27, 2003).

4. Registros Administrativos, ISC (Ingenio San Carlos), Marcelino Maridueña – Ecuador, 2004.

5. R. Vera, *"Análisis de la Variabilidad Espacial de Plagas en el Cultivo de la Caña de Azúcar"* (Tesis, Instituto de Ciencias Matemáticas, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2005)