

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Instituto de Ciencias Matemáticas

Ingeniería en Estadística Informática

" Análisis de la Variabilidad Espacial de Plagas en el Cultivo de la Caña de Azúcar: Ingenio San Carlos "

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del título de:

Ingeniero en Estadística Informática

Presentada por:

Angela Rossana Vera Casanova



Guayaquil - Ecuador

Año 2005

A.F. 136125

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
ESPOL

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Instituto de Ciencias Matemáticas

Ingeniería en Estadística Informática

"Análisis de la Variabilidad Espacial de Plagas en el Cultivo de la Caña de Azúcar: Ingenio San Carlos"

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERA EN ESTADÍSTICA INFORMÁTICA

Presentada por:

Ángela Rossana Vera Casanova

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO

2005

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por haberme dado la sabiduría y fuerza de voluntad para lograr esta meta. A mi papa, por brindarme su amor, por ser él quien me dio el ejemplo de ser una profesional. A mi mama, por brindarme su amor, sus consejos con palabras sabias que me alentaron a seguir adelante.

A Gerson, por su apoyo incondicional y darme las fuerzas para seguir adelante en el desarrollo de la tesis.

Al Ing. Mendoza, por darme su confianza y consideración.

Al Mat. Guerrero, por compartir sus conocimientos y amistad.

A mis amigos, principalmente los que aportaron en mi vida con algunas palabras sinceras de aliento.

A todas las personas que estuvieron conmigo brindándome su apoyo desde el inicio de mis estudios universitarios de alguna u otra forma.

A todos ellos muchas gracias...

DEDICATORIA

A Dios, por todas las bendiciones que me da día a día, principalmente bendecidme con el amor de mis padres, hermana y sobrinito.
A mis Padres por su esfuerzo, comprensión y no haberme dejado quebrantar en el camino de mi vida, por enseñarme lo bueno y lo justo; y, por el amor que me demuestran todos los días.
A mi gordito Ricardo Andrés, por ser mi vida entera y darme toda esa alegría y ternura que llena mi vida. A mi ñaña Samantha, por apoyarme moralmente con su carisma y por el amor que me brinda.
Y a toda mi familia.

DECLARACIÓN EXPRESA

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

MAT. FERNANDO GUERRERO
DIRECTOR DE TESIS

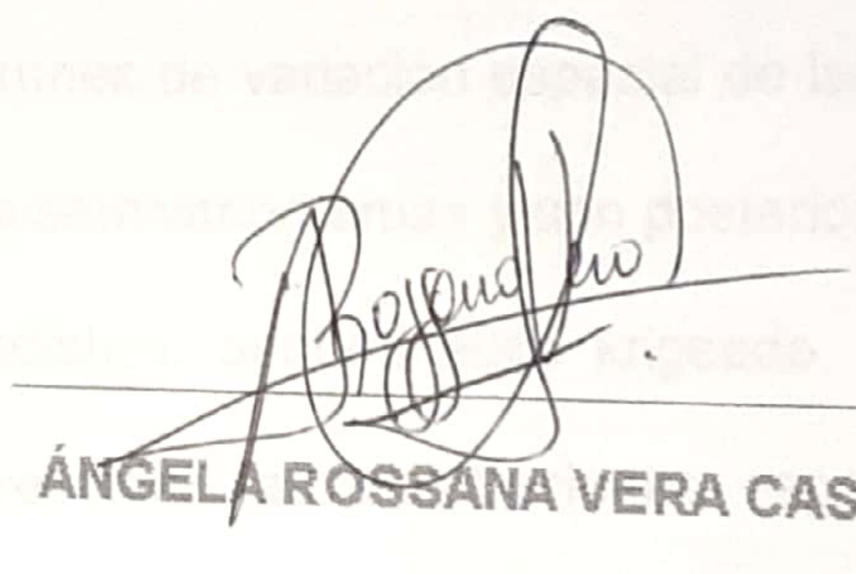
ING. ROBERT TOLEDO
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

ING. OSWALDO VALLE
VOCAL

MAT. JOGE MEDINA
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la Escuela Superior Politécnica del Litoral"



ÁNGELA ROSSANA VERA CASANOVA

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es mostrar mediante la aplicación de los métodos geoestadísticos se obtienen mapas de incidencia de la distribución de la plaga llamada comúnmente Saltahojas Hawaiano (Perkinsiella Saccharicida) en las plantaciones azucareras del ingenio San Carlos. Para ello se trabajó con información facilitada por el departamento de Campo del Ingenio San Carlos, tomada de la base de datos donde se presentan los cultivos de los canteros por lotes, consistentes en el numero de canteros por lote, la ubicación geográfica de los lotes y el número de observaciones (capturas) en cada una de ellas; con estos datos se estudiaron los patrones de variación espacial de las densidades de distribución mediante el uso de semivariogramas y con posterioridad, con los métodos de estimación Geoestadística, denominados krigeado, se consiguió información suficiente para representar las distribuciones espaciales de la Perkinsiella Saccharicida usando una serie de mapas con los cuales se pudo comparar temporalmente dichas distribuciones.

Mediante modelos teóricos de variogramas gaussianos y/o exponenciales se consiguió describir los patrones de variabilidad espacial. Luego de conseguir variogramas aceptables, se obtuvieron las mejores estimaciones en los puntos no muestrales a partir de los datos experimentales. Con dichas estimaciones se

elaboraron los mapas de distribución de la plaga; esta información es fundamental para la propuesta de unas técnicas que optimicen el control que se ha venido realizando.

En el primer capítulo, se hace una reseña de los aspectos básicos del cultivo de la caña de azúcar como: el ingreso al país de la caña de azúcar, las diferentes zonas en la que se cultiva la caña de azúcar y sus diferentes variedades para luego explicar brevemente la evolución de la Perkinsiella Saccharicida y las condiciones optimas para el desarrollo de esta plaga.

En el segundo capítulo presenta algunos conceptos y herramientas Geostadísticas necesarias para el desarrollo del presente trabajo como: el efecto pepita, rango, semivariogramas, tipos de interpolación.

En el tercer capítulo se presenta una breve introducción al software Geoestadístico que se uso para obtener los diferentes modelos de ajuste y los mapas de estimaciones.

En el cuarto capítulo con la descripción de la zona de estudio y el método de obtención de la información de la Perkinsiella Saccharicida, así como las diferentes transformaciones necesarias para poder usar los datos en el estudio.

En el quinto capítulo se muestran los diferentes análisis realizados a los datos para los periodos 2002-2003, 2003-2004 de manera global, tomando en cuenta zonas de interés de manera local, con los respectivos variogramas direcciones con los modelos ajustados, los mapas de estimación y mapa de varianza

Finalmente en el capítulo seis se presentan las diferentes conclusiones y recomendaciones.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	II
ÍNDICE GENERAL	V
ABREVIATURAS	X
SIMBOLOGÍA	XI
ÍNDICE DE GRÁFICOS	XII
ÍNDICE DE TABLAS	XIV
INTRODUCCIÒN	1

CAPÍTULO 1

1. Aspectos Básicos del Cultivo de la Caña de Azúcar y la Perkinsiella Saccharicida..... 3

1.1 La Caña de Azúcar..... 3

1.1.1. Historia..... 3

1.1.2. Importancia..... 4

1.1.3. Descripción..... 6

1.2 Ficha Técnica de la Caña de Azúcar..... 7

1.2.1. Agroecología..... 7

1.2.2. Germinación..... 8

1.2.3. Temperatura y Humedad..... 8

1.2.4. Clima..... 9

1.2.5. Tipo de Suelo..... 9

1.2.6. Riego..... 9

1.3 Variedades..... 10

1.4 Manejo del Cultivo..... 12

1.4.1 Plagas..... 12

1.5 Sobre la Perkinsiella Saccharicida..... 13

1.5.1 Origen y Distribución Geográfica..... 13

1.5.2 Descripción..... 13

1.5.3 Ciclo Biológico y Ecología..... 15

1.5.4 Daños y Perdidas..... 16

1.5.5 Métodos de Control..... 17

1.5.6 Recomendaciones para el Combate de la Perkinsiella Saccharicida..... 19

CAPÍTULO 2

2. Marco Teórico Conceptual de la Geoestadística..... 21

2.1. Reseña Histórica..... 21

2.2. Geoestadística..... 24

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL ESPOL

CIB -ESPOL

2.2.1. Análisis Exploratorio de los Datos..... 24
2.2.2. Análisis Estructural..... 25
2.2.3. Estimaciones (Kriging o Simulaciones)..... 25
2.3. Los datos principales de un estudio geoestadístico..... 25
2.4. Análisis de los Datos Espaciales..... 27
2.4.1. Variable Regionalizada..... 28
2.5. Variograma..... 29
2.5.1. Efecto Nugget..... 30
2.5.2. Umbral..... 31
2.5.3. Escala..... 31
2.5.4. Rango..... 31
2.6. Cálculo del Variograma..... 31
2.7. Modelos Teóricos del Variograma..... 32
2.7.1. Efecto Pepita Puro..... 33
2.7.2. Esférico..... 33
2.7.3. Exponencial..... 34
2.7.4. Gaussiano..... 34
2.7.5. Potencial..... 34
2.7.6. Lineal..... 35
2.8. Kriging..... 37

2.8.1. Métodos de estimación del Kriging..... 38
2.8.1.1. Kriging Ordinario..... 38
2.8.1.2. Kriging Simple..... 39
2.9. Efecto de los parámetros..... 39
2.9.1. Efecto del Rango en las estimaciones..... 39
2.9.2. Efecto del Modelo en las estimaciones..... 39
2.9.3. Efecto del Sill en las estimaciones..... 40
2.9.4. Varianza de la Estimación..... 40

CAPÍTULO 3

3. Herramienta Utilizada para el Análisis geoestadístico..... 41
3.1. Tipos de software..... 41
3.2. Variowin 2.2..... 42
3.3. SADA 4.0..... 48
3.3.1. Instrucciones para el Manejo del SADA..... 50

CAPÍTULO 4

4. Aspecto básicos de la Zona de estudio y de los Datos..... 59
4.1. Ingenio San Carlos..... 59

4.2. Información de los Datos de Estudio..... 62
4.3. Capturas e Intensidad de las Plagas..... 66
4.4. Descripción de las Variables Georeferenciadas..... 69

CAPÍTULO 5

5. Aplicación del Análisis Geoestadístico..... 71
5.1. Procedimiento para el Análisis..... 72
5.2. Análisis Geostadístico. Periodo 2002-2003..... 75
5.2.1. Análisis Capturas 2002-2003..... 77
5.2.2. Análisis Intensidad 2002-2003..... 85
5.3. Análisis Geostadístico. Periodo 2003-2004..... 96
5.3.1. Análisis Capturas 2003-2004..... 98
5.3.2. Análisis Intensidad 2003-2004..... 108

CAPÍTULO 6

6. Conclusiones y Recomendaciones 117

BIBLIOGRAFÍA

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL ESPOL TOASA
CIB -ESPOL

ABREVIATURAS

Capt.	Capturas
CINCAE	Centro de Investigación de la Caña de Azúcar del Ecuador
Corr	Correlación.
Cov	Covarianza.
CV	Coeficiente de Variación.
GIS	Sistema de Información Geográfica.
GPS	Global Position Satelital.
GREO	Georeferencia Este – Oeste.
GRNS	Georeferencia Norte - Sur.
Ha.	Hectárea.
ID	Identificación.
ISC	Ingenio San Carlos
Kg.	Kilogramo.
KO	Kriging Ordinario
Lag.	Distancia constante de incremento entre muestras.
LnCapt.	Logaritmo de Capturas
m.	Metros.
mm.	Milímetros.
m.s.n.m	Metros sobre le nivel del mar
N°	Numero.
S.A	Sociedad Anónima.
SADA	Análisis Espacial y Ayuda de Decisión
SGBDR	Sistema Georeferenciador de Banco de Datos Relacional.
Pcf.	Extensión de archivo del Variowin
PDI	Procesamiento Digital de Imagen.
p.Ej.	Por ejemplo.
pH	Potencial de Hidrógeno del suelo
UTM	Universal transversal Mercator
Var/Km.	Variación por Kilómetro

SIMBOLOGÍA

%	Porcentaje
ºC	Grados centígrados
Kriging	Es una técnica de estimación que proporciona el mejor estimados lineal imparcial
Nugget	Efecto de pepita
Sill	Meseta
Range	Alcance
$\gamma(h)$	Semivariograma
$E[Z(x_i)]$	Estacionalidad
$\sum$	Sumatoria
Np(h)	Es el numero de pares a la distancia h
$Z(x_i)$	Son los valores experimentales
x_i	Localizaciones donde son medidos los valores $Z(x_i)$
λ_i	Son los pesos proporcionales

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICAS
CENTRO DE INFORMACIÓN BIBLIOTECARIO
"ING. HOMERO ORTÍZ EGAS"
ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
ESPOL

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Pág.

Figura 1.1 Ciclo de vida de Perkinsiella Saccharicida en condiciones de laboratorio. CINCAE 2002..... 14
Figura 1.2 Adultos de Perkinsiella Saccharicida..... 15
Figura 1.3 Pase del capturador mecánico (vaca loca) para la recolección de adultos..... 18
Figura 2.1 Forma Característica de un Semivariograma..... 30
Figura 2.2 Modelos teóricos básicos más usuales para caracterizar el variograma..... 33
Figura 3.1 Presentación de los datos en archivo .dat..... 43
Figura 3.2 Pantalla del Primer Modulo..... 44
Figura 3.3 Pantalla del Segundo Modulo Vario2D with pcf..... 45
Figura 3.4 Variograma Direccional..... 45
Figura 3.5 Modulo MODEL..... 46
Figura 3.6 Modelo Ajustado del Variograma Direccional..... 47
Figura 3.7 Presentación de los datos en archivo .csv..... 50
Figura 3.8 Pantalla de ingreso de la información en el SADA 4.0..... 51
Figura 3.9 Funciones Principales SADA 4.0..... 52
Figura 3.10 Ventana de los pasos SADA 4.0..... 52
Figura 3.11 Polígono del Área del Ingenio San Calos..... 53
Figura 3.12 Demostración del Mapa con Cuadriculas (Grilla)..... 54
Figura 3.13 Parámetros del Modelo SADA 4.0..... 55
Figura 3.14 Ventana del Método de Interpolación..... 56
Figura 3.15 Ventana de Radio de Búsqueda..... 57
Figura 3.16 Ventana para el formato de Mapas..... 57
Figura 4.1 División por lotes del Ingenio San Carlos..... 62
Figura 4.2 Histogramas de la Variable Captura Periodo 2002-2003 y Periodo 2003-2004..... 67
Figura 4.3 Histogramas de la Variable LnCapt Periodo 2002-2003 y Periodo 2003-2004..... 68
Figura 5.1 Pasos del SADA..... 73
Figura 5.2 Ubicación de lotes. Capturas. 2002-2003..... 77
Figura 5.3 Semivariograma y Modelo Ajustado Capturas. 2002-2003 78
Figura 5.4 Mapa de Estimaciones. Capturas 2002-2003..... 80
Figura 5.5 Mapa de Varianza. Capturas 2002-2003..... 81
Figura 5.6 Acercamiento de zonas de altas Capturas. 2002-2003..... 82
Figura 5.7 Acercamiento de la zona de menor Captura. 2002-2003... 84

Figura 5.8 Ubicación de lotes. Intensidad. 2002-2003..... 85
Figura 5.9 Semivariograma y Modelo Ajustado Intensidad. 2002 - 2003..... 86
Figura 5.10 Mapa de Estimaciones. Intensidad. 2002-2003..... 88
Figura 5.11 Mapa de Varianza. Intensidad 2002-2003..... 89
Figura 5.12 Acercamiento de las zonas de altas Intensidades. 2002-2003..... 91
Figura 5.13 Acercamiento de las zonas de altas Intensidades. 2002-2003..... 92
Figura 5.14 Acercamiento de las zonas de altas Intensidades. 2002-2003..... 93
Figura 5.15 Acercamiento de las zonas de altas Intensidades. 2002-2003..... 94
Figura 5.16 Acercamiento de la zona de menor Intensidad. 2002-2003..... 95
Figura 5.17 Ubicación de lotes Capturas. 2003-2004..... 98
Figura 5.18 Semivariograma y Modelo Ajustado Capturas. 2003-2004..... 99
Figura 5.19 Mapa de Estimaciones Capturas. 2003-2004..... 102
Figura 5.20 Mapa de Varianza Capturas 2003-2004..... 102
Figura 5.21 Acercamiento de la zona de alta Captura. 2003-2004..... 104
Figura 5.22 Acercamiento de una de las zonas de mediana incidencia de Capturas. 2003-2004..... 106
Figura 5.23 Acercamiento de una de las zonas de mediana incidencia de Capturas. 2003-2004..... 107
Figura 5.24 Ubicación de lotes. Intensidad. 2003-2004..... 109
Figura 5.25 Semivariograma y Modelo Ajustado Intensidad. 2003 - 2004..... 110
Figura 5.26 Mapa de Estimaciones Intensidad. 2003-2004..... 112
Figura 5.27 Mapa de Varianza. Intensidad 2003-2004..... 112
Figura 5.28 Acercamiento alta Intensidad. 2003-2004..... 114
Figura 5.29 Acercamiento menor intensidad.2003-2004..... 116

ÍNDICES DE TABLAS

		Pág.
Tabla I	Número de hectáreas sembradas de las principales variedades y número total de hectáreas en el Ingenio San Carlos	11
Tabla II	Información de los Datos de la Variable	69
Tabla III	Análisis Estadístico de las Variables de Interés. Periodo 2002-2003	76
Tabla IV	Análisis Estadístico de las Variables de Interés. Periodo 2003-2004	97

INTRODUCCIÓN

El manejo de la información de las densidades poblacionales de la Perkinsiella en el cultivo de la caña de azúcar, es fundamental para mejorar los controles de las evaluaciones en ciertas zonas dentro de un área de estudio, en nuestro caso en el Ingenio San Carlos.

La importancia de realizar el análisis es comprobar las distintas distribuciones espaciales con los métodos Geoestadísticos para obtener los mapas de incidencia de la Perkinsiella Saccharicida en el cultivo de la caña de azúcar. La hipótesis planteada para este estudio es, que existe variación espacial que se basa en la distribución y localización de las muestras; suponemos también, que la variabilidad espacial no cambia de periodo en periodo.

A partir de unos datos georeferenciados, consistentes en el número de capturas de individuos en cada una de los lotes en los periodos 2002-2003 y 2003-2004, se estudiaron los patrones de variación espacial de las densidades de Perkinsiellas, mediante el uso de variogramas y, con posterioridad, con los métodos de estimación Geoestadística, denominados krigeado, se consiguió una cantidad de información suficiente para representar las distribuciones espaciales de esta plaga, se obtuvieron como

resultados varios mapas de estimación y variabilidad con los cuales se pudo analizar las estructuras de dichas distribuciones.

Mediante modelos teóricos de variogramas de tipo gaussianos y exponenciales se pudieron describir los patrones de variabilidad espacial. Además, la correlación espacial entre las muestras se mantenía para grandes distancias. A partir de las estimaciones, se elaboraron los mapas de distribución de la Perkinsiella *Saccharicida*. Esta información es fundamental para la propuesta de técnicas eficaces de control de plagas y para el desarrollo de una agricultura más eficiente, con el consiguiente beneficio para el cañicultor y para el medio ambiente.

Capítulo 1

2. ASPECTOS BÁSICOS DEL CULTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR Y LA PERKINSIELLA SACCHARICIDA

En este capítulo se describen en forma resumida algunos aspectos básicos y la morfología de la planta caña de azúcar, como se lo introdujo al país, la descripción de este cultivo y la importancia tanto económica como alimenticia. Se darán a conocer las diferentes variedades de caña de azúcar existentes y las condiciones recomendadas para obtener un buen cultivo.

Además se detalla el origen, hábitat y ciclo biológico de la Perkinsiella Saccharicida, para luego mostrar el daño que este insecto causa en la caña de azúcar y las recomendaciones para controlar este tipo de plaga.

1.1 La Caña de Azúcar

1.1.1 Historia

En el Ecuador se sabe que fue introducida hacia 1843, desde hace más de 100 años de cultivo para la producción de azúcar, las primeras variedades usadas fueron las cañas nobles tales como cristalina, castilla,

rayada, blanca etc. Luego se usaron las variedades híbridas que se usaban principalmente para producir alcohol y panela en las estribaciones de las cordilleras occidental y oriental. Mas adelante entre los años 1960 y 1970, se introdujeron otras variedades. Alrededor de 1960 se introduce la variedad Ragnar desde Australia y a partir de 1966 se inicia la multiplicación y su incremento de hectáreas sembradas.

Ecuador posee alrededor de 95000 ha dedicadas al cultivo de la caña de azúcar, de estas aproximadamente 75000 están destinadas a la producción de azúcar y el resto a la producción de panela y alcohol. Los principales ingenios del país están ubicados en la cuenca baja del Guayas cubriendo cerca de 70000 ha. La industria azucarera del Ecuador depende principalmente de la variedad australiana introducida hace varios años al país.

1.1.2 Importancia

La caña de azúcar es un cultivo de alta importancia en Ecuador por la demanda de toneladas de materia prima para la elaboración de azúcar, un producto que forma parte de la canasta básica de los ecuatorianos y es ingrediente básico de muchos alimentos elaborados y semi-elaborados de consumo masivo. Proporciona una serie de fuentes de trabajo a través de los ingenios azucareros, los cultivadores de caña y

las industrias de pequeñas empresas que basan su producción en el azúcar y sus co-productos, en todas las regiones del Ecuador.

Su importancia radica desde la comparación con otros cultivos, la caña de azúcar es la más eficiente para convertir la luz solar, el anhídrido carbónico y el agua en biomasa, transformándose en una biofábrica ideal. En el sector industrial tiene un mercado consolidado, lo cual, es importante en la producción de antibióticos, ácidos orgánicos y mas, asi mismo, tiene importancia en los usos de la biotecnología en caña de azúcar y sus derivados son múltiples y tiene un campo de posibilidades todavía poco explotados, no necesariamente serán aplicables únicamente para incrementar la producción de azúcar, sino que abren caminos para usar esta planta para producir materiales que normalmente son derivados de otras fuentes no renovables, entre ellos están los plásticos biodegradables, combustibles, fármacos y alimentos.

Las estadísticas reales del 2002, con base en los censos de variedad de los principales ingenios azucareros muestran que el área cultivada por los ingenios San Carlos, Valdez y Troncal, incluyendo áreas sembradas de otros ingenios, llegó a un total de 82749 ha. para producción de azúcar. Este número muestra que este cultivo es uno de los más

extensos comparada con los principales cultivos alimenticios e industriales.

La caña de azúcar se cultiva especialmente para producir azúcar (morena y blanca), panela, mieles, melaza, aguardiente de caña y alcohol; la melaza también se usa para conservar forraje verde (ensilares) para animales. El "bagazo" o residuo de la molienda de la caña se usa para la fabricación de papel craft y de cartón, asi como combustible en "guaraperías" (extractoras de jugo para aguardiente).

1.1.3 Descripción

La caña de azúcar es una gramínea tropical, un pasto gigante emparentado con el sorgo y el maíz en cuyo tallo se forma y acumula un jugo rico en saracosa.

La caña de azúcar es una planta de hojas lanceoladas y tallos sólidos que actúan como órganos de reserva y que contienen un jugo azucarado; las semillas son generalmente estériles por lo que la propagación de la caña de azúcar es vegetativa vía "estacas". La porción de tallo tiene alrededor de la yema una banda de primordios de raíces que le dan sustentos en sus inicios. Su longevidad es amplia pudiendo

una plantación producir por 10 años solo en base a renuevos o "hijuelos"; el ciclo de vida de la planta de caña es de 12 – 18 meses.

1.2 Ficha Técnica de la Caña de Azúcar

Nombres Comunes: Caña de azúcar, caña dulce, cañamiel, cañamelar.

Nombre Científico: Saccharum officinarum.

Clase: Angiospermae

Subclase: Monocotyledoneae.

Familia: Poaceae (=Graminaceae)

A continuación se presentan algunos aspectos básicos que se deben tomar en cuenta para el cultivo del de la caña de azúcar:

1.2.1 Agroecología

El ambiente en que se coloca la semilla es importante para la germinación, la temperatura, la humedad, las condiciones climáticas, las condiciones físicas del suelo y el riego, deben tomarse en cuanta para la siembra de este cultivo.

1.2.2 Germinación

El proceso de germinación es sensible a la temperatura, aunque variedades defieren a su sensibilidad, en términos generales es muy

lenta cuando la temperatura de suelo baja de los 17 ó 18°C y será rápida cuando la temperatura se aproxime a los 35°C, raramente ocurre la germinación en temperaturas inferiores a los 11°C, y aun entre 11°C y 18°C la germinación será muy lenta.

1.2.3 Temperatura y Humedad

La temperatura y la humedad son dos factores que afectan directamente al desarrollo de la caña. El rango óptimo de temperatura para el crecimiento se encuentra entre los 26 y 30°C, las temperaturas inferiores a los 21°C retardan el crecimiento de los tallos y conducen al aumento de saracosa. En cuanto a la humedad o disponibilidad de agua es quizás el factor más susceptible a *modificaciones* por parte del agricultor, su déficit o exceso pueden tener efectos detrimentes en el cultivo, en algunos casos, la falta de humedad en el suelo puede afectar en forma significativa a su producción.

1.2.4 Clima

El clima para el ciclo de desarrollo de la caña de azúcar se presenta en veranos prolongados y calientes con lluvias adecuadas; la maduración y zafra en clima seco, soleado y fresco.

En el Ecuador las principales regiones de cultivo de la caña de azúcar tienen áreas de ecología particular con climas tropicales o subtropicales, con inviernos moderados y veranos secos. La provincia de mayor producción (tallo fresco) es Guayas, y en segundo lugar con producciones similares Los Ríos, Chimborazo, Loja e Imbabura.

1.2.5 Tipo de Suelo

El tipo de suelo para la caña de azúcar debe ser granular y permeable para que las raíces se expandan y exploren extensivamente la mayor área posible, los mejores son los de textura arcillo – arenosa con suficiente cantidad de humus, con pH entre 5.5 y 7.5. Si los suelos no son muy arenosos, la caña madura a los 12 meses entre 0 y 1200 m.s.n.m.; a los 15 meses entre 1200 y 1500 y a los 18 meses de 1500 en adelante.

1.2.6 Riego

El Riego es una de las labores a la que se le ha prestado mas atención, la sequía prolongada a la que esta sometida la caña durante la zafra, requiere el suministro de agua para el desarrollo de la planta y obtener asi bueno tonelajes tanto de caña como de azúcar. Es necesario nivelar los terrenos para lograr un mejor aprovechamiento del agua, se utiliza el riego por surco, el cual se fue tecnificando con el empleo de sifones que

han ido remplazando al riego por aspersión. En muy poca escala se utiliza el riego por goteo, casi se puede decir que está en etapa experimental.

1.3 Variedades

Por la amplia distribución mundial del cultivo se ha obtenido un gran numero de variedades, que se transforman fácilmente una en otras, por esto se ha desistido de mantener la división antigua en variedades bien definidas. El principal carácter que las distingue es el color de los tallos. No hay diferencia entre variedades de caña para azúcar y para panela. La mayoría de cultivos de caña actuales de caña son el resultado de cruces entre las variedades *S. officinarum*, *S.* spontaneum y *S.* robustrum. Por esto se debe utilizar únicamente el nombre de los clones cuya progenie se ha publicado. En el Ecuador se cultivan las variedades Tipo Ragnar (58.8%), C.G. Azul (13.9%), B.J. 6808 (10.4%) y otras (6.9%).

Las variedades Ragnar y NCo310 son las únicas que han sido sembraba a través del tiempo en el Ingenio San Carlos (Cuadro 1). Otras variedades han sido cultivadas a través de ciertos periodos de

tiempo, disminuyendo su área cultivada en muchos casos desapareciendo totalmente.

TABLA I

NÚMERO DE HECTÁREAS SEMBRADAS DE LAS PRINCIPALES VARIEDADES Y NÚMERO TOTAL DE HECTÁREAS EN EL INGENIO SAN CARLOS[1]

AÑOS	RAGNAR		POJ 2878		EJ6808		78 (BJ78-46)		B7316		CR74250		HCo310		TOTAL INGENIO
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	
1966	58.77	0.51	4,482.7	40.03	-	-	-	-	-	-	-	-	10.82	0.40	11,198.01
1963	1,475.5	13.3	3,162.4	28.47	-	-	-	-	-	-	-	-	155.5	1.4	11,108.18
1972	3,797.2	35	1,708.9	15.68	-	-	-	-	-	-	-	-	186.93	1.7	10,897.91
1975	8,111,.9	68.04	1,104.1	10.25	-	-	-	-	-	-	-	-	190.3	1.6	11,919.99
1978	8,865.9	68.32	502.58	4.77	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12,977.17
1981	9,102.7	68.55	290.63	1.93	-	-	-	-	-	-	-	-	433.4	3.3	13,279.76
1984	7,926.0	58.55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	557.4	4.0	13,656.60
1987	7,871.3	58.67	-	-	2,927	21	-	-	622	4.4	-	-	431.5	3.2	13,370.13
1990	7,49	51.9	-	-	3.355	24	-	-	2,820	20	-	-	353.8	2.5	14,158.10
1993	7,670.2	51.82	-	-	1,026	7	98.77	0.8	5,395	36	-	-	254	1.7	14,801.83
1996	10,768	72.16	-	-	84	0.55	258	1.7	3,539	24	8,4	0.06	563.4	3.8	14,922.49
1999	11,324	73	-	-	1	0.01	1,993	12.8	96	0.6	37	0.23	854.3	5.5	15,592.90
2002	8,454	53	-	-	-	-	1,885	11.8	-	-	2,247	14	466	2.9	15,942.56
2003	8.160	52	-	-	-	-	1,022	6.7	-	-	2,825	18.2	263.4	1.7	15,563.95

1.4 Manejo del Cultivo

En las zonas productoras las principales etapas o labores del cultivo son:

---

[1] Archivo no publicados Ingenio San Carlos

1era Etapa. Siembra:

a) Por renuevos o "socas" y

b) Por estacas: 70 mil/ha, 1.5 m. entre plantas y entre surcos.

2da Etapa. Aporque: Para mayor anclaje de las plantas y evitar hijuelos tardíos.

3era Etapa. Fertilización: Para obtener los máximos rendimientos

4ta Etapa. Control de Malezas

5ta Etapa. Control de Plagas

6ta Etapa. Cosecha: Entre 12 – 18 meses de edad.

1.4.1 Plagas

Uno de los factores que puede afectar significativamente la producción y el rendimiento de este cultivo es la incidencia de insectos plagas, las plagas de la caña de azúcar, constituyen una amenaza permanente, por su característica de monocultivo, esta expuesta permanentemente al ataque de diferentes plagas, que con mayor o menor incidencia, causan daños a la planta. Hasta ahora, en esta región, se han presentado alrededor de 32 especies de insectos que causan algún tipo de daño a la caña de azúcar, de las cuales la más importante es el saltahojas hawaiano, Perkinsiella Saccharicida (Homoptera Delphacidae).

1.5 Sobre la Perkinsiella Saccharicida

1.5.1 Origen y Distribución Geográfica

Según datos históricos, este insecto fue reportado por primera vez en el Ecuador en 1966. Esta plaga es originaria de Australia, la mayor incidencia de esta plaga en Ecuador ocurrió en 1995-96. A partir de esta detección, se fue diseminando y se estableció en toda el área de la zona baja constituyéndose en una plaga de importancia económica en la industria azucarera de este país. Esta plaga se encuentra presente en varias regiones del país, siendo una plaga importante en la cuenca baja del Guayas.

A través del tiempo esta plaga ha mostrado ciclos irregulares en su dinámica poblacional, presentándose periodos con poblaciones elevadas y periodos con poblaciones bajas o moderadas.

1.5.2 Descripción

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.

Las ninfas y los adultos son de movimientos muy rápidos y cuando se los perturba se mueven lateralmente. Los adultos tienen hábitos

migratorios. Se dispersan de una planta a otra a través de vuelos cortos, y de un cantero a otro a través de vuelos largos o sostenidos. Los adultos tienen una longevidad de 18 a 50 días.

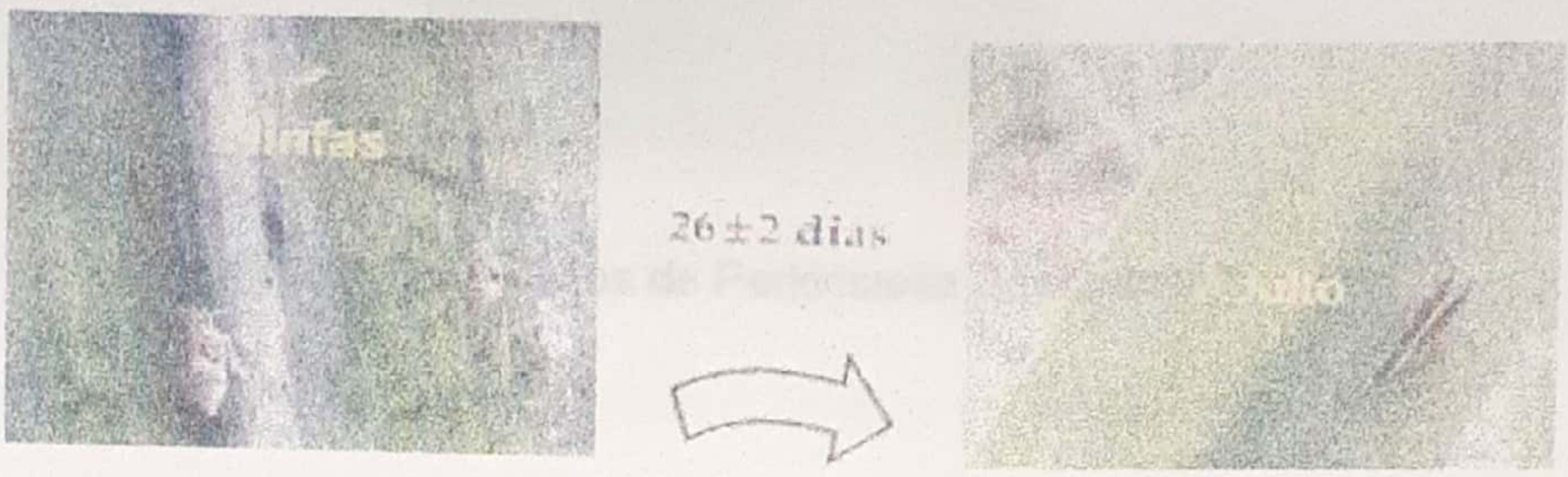


Figura 1.1 Ciclo de vida de Perkinsiella Saccharicida en condiciones de laboratorio. CINCAE 2002

Los adultos son pequeñas chicharritas o saltahojas, de unos 5 mm de largo, de color marrón claro (Figura 1.1). La mayoría de ellos presentan alas (macrópteros) y un pequeño porcentaje de hembras no las tienen (branquipteras).



Figura 1.2 Adultos de Perkinsiella Saccharicida

1.5.3 Ciclo Biológico y Ecología

El ciclo de vida toma cerca de 30 a 35 días desde huevo a adulto. Las hembras llegan a ovipositar alrededor de 500 huevos, los huevos son incrustados por una sustancia cerosa blanca. Son colocados en grupos de 3 a 6, preferentemente en el haz y cerca de la base de la hoja. El periodo de incubación dura el promedio 11 días, con una variación de 9 a 13 días.

El periodo ninfal comprende cinco instares, con una duración de 20 a 28 días. Bajo las condiciones de Ecuador, se presentan variaciones poblacionales muy marcadas durante el año. Estas generalmente se inician durante los meses de la época seca y continúan durante la época lluviosa hasta alcanzar sus poblaciones en los meses de Febrero o Marzo, a partir de esta época, las poblaciones comienzan a disminuir.

La Perkisiella se presenta en todos los estados de desarrollo de la planta, siendo más perjudicial durante los primeros seis meses de edad del cultivo. Durante la época seca y particularmente en el periodo de la zafra, son mas frecuentes las migraciones poblacionales de adultos desde los canteros que están siendo cosechados hacia las socas o siembras nuevas. En ciertas ocasiones, estas poblaciones migratorias permanecen poco tiempo en el mismo cantero por lo que su efecto en el desarrollo y en el rendimiento de la caña no es apreciable.

1.5.4 Daños y Pérdidas

Las ninfas y los adultos succionan 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 (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.

A más de esto, la importancia real de esta plaga radica en ser el transmisor de la virosis conocida como "enfermedad de Fiji", la cual no se encuentra en nuestro país, ni en el continente americano.

1.5.5 Métodos de Control

Existen varias formas efectivas para combatir la Perkinsiella. Las más importantes son: el control biológico, el control cultural y el control químico.

Control Biológico: Los enemigos naturales son el factor más importante de regulación natural de las poblaciones de Perkinsiella. Los más comunes son las avispitas que actúan como parasitoide y depredador de huevos de Perkinsiella, crisopas, arañas y aves; y, los entomapatógenos, entre otros.

Control Cultural: Se refiere de labores agronómicas que deben realizarse para crear una condición favorable para el cultivo y desfavorable para la plaga. Un método de control cultural, es el uso de un capturador mecánico ("vaca loca") (figura 1.2), que consiste en una armazón

metálica, forrada de tul y con frascos recolectores que se pasan sobre los brotes de caña para perturbar los adultos y atraparlos en estos recolectores. Esta medida de control puede ser utilizada sobre caña pequeña (hasta 70 cm. De altura) y sobre poblaciones adultas de Perkinsiella. Su eficacia a nivel de campo en el Ingenio San Carlos ha sido de hasta 75%.



Figura 1.3 Pase del capturador mecánico (vaca loca)

para la recolección de adultos

Control Químico: El uso de insecticidas sobre poblaciones migratorias (adultos) no ofrece un control satisfactorio debido a las sucesivas migraciones de la plaga y al riesgo de causar mayores desequilibrios biológicos.

Este control es una alternativa que debe ser tomada en cuenta en función de la densidad poblacional y el estado de desarrollo de la plaga, la edad del cultivo y las condiciones agronómicas del mismo. Para esto se debe hacer una evaluación semanal o quincenal de la plaga, durante los primeros seis meses de edad del cultivo. Se toman al azar brotes o tallos por cantero y se cuenta el número de adultos y ninfas grandes de Perkinsiella. El momento mas oportuno para efectuar la aplicación del insecticida es cuando se observe poblaciones numerosas de ninfas grandes, varios adultos y haya síntomas iniciales de fumagina.

1.5.6 Recomendaciones para el Combate de la Perkinsiella Saccharicida

- Evitar el movimiento de semilla de canteros infestados a canteros sanos.
- Quemar la caña antes del corte y los residuos de cosecha.
- En caso de renovar un cantero, efectuar las labores de preparación de suelo con bastante anticipación, a fin de dejar sin alimento y sin abrigo a las ninfas y adultos de la infestacion anterior.
- Eliminación de hospederos (gramíneas) dentro y fuera del cantero.
- Deshoje de la caña, donde sea posible

- Siembra de variedades de fácil deshoje
- Rotación de cultivos (siembra de una leguminosa en aquellos canteros que queden en barbechos).

Capítulo 2

2. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL DE LA GEOESTADÍSTICA

En el presente capítulo se detalla como se inicia la geoestadística, las principales teorías que se componen esta ciencia, los personajes que desarrollaron estas teorías y cuales fueron los diferentes campos en los que se empezó a ser aplicada.

Además se presenta la definición teórica de la Geoestadistica, se indican cuales son los pasos principales que se deben seguir para desarrollar un estudio geoestadístico y las principales teorías en las cuales se ha desarrollado y se desarrolla esta ciencia.

2.1 Reseña Histórica

El uso de la geoestadística surge a partir de la década de los años 50 con los estudios presentados por D.G. Krige y por tres ingenieros mineros en las minas de oro de Rand África del sur, desarrollaron un procedimiento ponderado de estimación con determinados coeficiente correctores empíricos.

El desarrollo posterior es atribuido en paralelo a Matern quien estuvo ligado directamente a la escuela de minas de Paris, desarrolló la teoría de las variables regionalizadas, que provee una base para los recursos naturales, esta teoría incluye una técnica de estimación optima llamada Kriging, esta técnica se dio a conocer debido a que Matern hizo las publicaciones en ingles y en el campo de la Ideología se empezó a implementar la Geoestadistica.

En la ciencia del suelo, del reconocimiento de la variación espacial de las propiedades del suelo, es probablemente tan viejo como su clasificación. Este enfoque de caracterizar la variabilidad de los suelos es principalmente cualitativo.

En los años setenta, los investigadores empezaron los estudios de las propiedades del suelo de una manera más cuantitativa (p. Ej. Rogowski, 1972; Nielsen y Biggar, 1976), la mayoría de ellos confió en los métodos estadísticos clásicos (p. Ej. La función de la distribución de frecuencias con momentos asociados y coeficientes de variación; análisis de varianza para cambios sobre distancias, etc.). Una suposición implícita en estos análisis es; que las observaciones de una variable del suelo son independientes con respecto a su ubicación en el campo.

Sin embargo, solamente el conocimiento de la distribución de frecuencias de las observaciones provee información sobre la variabilidad de las observaciones con respecto a las coordenadas del área donde se ha hecho un muestreo.

La primera publicación de Geoestadistica apareció en 1978 (Campbell, 1978). En 1980 Webster y sus colegas iniciaron una serie de publicaciones llamadas "interpolación óptima y mapeo isarithmico de propiedades del suelo", en la que Kriging era por primera vez usado en la ciencia del suelo.

Samra en 1989 realizó estimación de alturas en plantaciones de Melia Azedaeach, Mandallaz que comparó varios métodos de Kriging en la estimación de densidad y área basal. Hock, combinó el uso de sistemas de información geográficos con técnicas geoestadísticas en la estimación de índices de sitio de Pinus radiata en Nueva Zelanda.

La palabra Geoestadísitica, denota el estudio estadístico de fenómenos naturales, tiene varias interpretaciones como la de Matheon, que define como: "la aplicación del formalismo de funciones aleatorias al reconocimiento y estimación de fenómenos naturales". El término Geoestadística nos indica, como algunos interpretan incorrectamente,

"estadísticas en geología". Una mas reciente interpretación de Geoestadística, podría ser "las estadísticas involucrados con datos geográficos" también llamada "estadísticas espaciales".

2.2 Geoestadística

La Geoestadística 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 datos principales de un estudio geoestadístico son:

2.2.1 Análisis Exploratorio de los Datos.

En esta fase se estudian los datos muestrales sin tener en cuenta su distribución geográfica. Seria una etapa de aplicación de la estadística.

Se comprueba la consistencia de los datos, eliminándose aquellos que serán erróneos, y se identifican las distribuciones de las cuales proviene.

2.2.2 Análisis Estructural

Se estudia la continuidad espacial de la variable. En esta etapa se calcula el variograma experimental, o cualquier otra función que nos explique la variabilidad espacial, se ajusta al mismo variograma teórico y se analiza e interpreta dicho ajuste al modelo parametrito seleccionado.

2.2.3 Estimaciones (Kriging O Simulaciones)

Estimaciones de la variable en los puntos no muestrales, considerando la estructura de correlación espacial seleccionada e integrando la información obtenida de forma directa, en los puntos muestrales, asi como la conseguida indirectamente en forma de tendencias conocidas u observadas. También se puede realizar simulaciones, teniendo en cuenta los patrones de continuidad espacial elegidos.

2.3 Los Datos Principales de un Estudio Geoestadístico.

El desarrollo de los sistemas de información geográfica (GIS) y la aplicación de la Geoestadistica, ha supuesto un nuevo impulso a los

estudios relativos al análisis de la distribución espacial aplicada a la Agricultura.

Un GIS es un conjunto de programas informáticos que sirven para captar, almacenar, recuperar, transformar, mostrar y analizar diversos tipos de datos espaciales (Burrough y McDonnell, 1998). Los datos georreferenciados, o sea, con unas coordenadas conocidas con respecto a un origen predeterminado, pueden incorporarse a un GIS para generar mapas temáticos o coberturas. Por ejemplo, los tipos de suelo, las clases de cultivos o las densidades de insectos, pueden mostrarse en unos mapas independientes sobre esos temas. Además, los mapas temáticos pueden combinarse con el fin de analizar las posibles interacciones entre las diversas variables. El análisis y el manejo de grandes bases de datos espaciales serían imposibles sin un GIS.

Aunque los GIS han permitido a los investigadores la manipulación de los datos espaciales, la caracterización y la Modelización de los patrones de distribución espacial es muy poco factible si no se cuenta con un programa estadístico adecuado. La Geoestadística es la herramienta fundamental para este trabajo. Hasta fechas muy recientes, la mayor parte de los GIS carecían de extensiones Geoestadísticas, por lo que era necesario contar con un programa que llevara a cabo ese tipo de

estudios. Afortunadamente, en la actualidad se está corrigiendo esta importante deficiencia, pudiéndose realizar un estudio geoestadístico completo con el empleo de determinados GIS y sin el auxilio de otros programas externos. La mayoría de las publicaciones relacionadas con el uso de los GIS y la Geoestadistica en la sociedad.

En este trabajo se muestra como, mediante técnicas geoestadísticas fáciles de comprender y utilizar, puede analizarse el patrón de distribución de las plagas en el cultivo de mango mediante cuadriculas. Se incidirá en el método apropiado para la realización de una evaluación Geoestadistica completa, tanto si se lleva a cabo con un GIS que incorpore esta tecnología o con un programa informático auxiliar que permita exportar la información obtenida. Finalmente, se muestra un conjunto de mapas elaborados mediante la aplicación de los métodos de interpolación Geoestadistica.

2.4 Análisis de Datos Espaciales

Algunas veces se ha señalado a la Geoestadistica como un juego de técnicas, para los análisis espaciales de datos Geoestadísticos, o datos como un índice espacial continuo.

Se la ha incluido en la familia de tipos de datos espaciales, datos de celosía (datos de una colección contable de sitios espaciales por ejemplo, la distribución de mortalidades infantiles en diversos pueblos) y diseño de datos de puntos espaciales (datos donde ambas localidades y magnitudes son aleatorias por ejemplo, una realización de sedimentos de cuerpos geológicos en el espacio).

Los datos espaciales se pueden clasificar en:

- Puntos
- Líneas
- Líneas aisladas (pista de aeropuerto), líneas con Ramificaciones (ríos y su afluentes), Redes (carreteras o líneas ferroviarias)
- Regiones
- Regiones aisladas (lago), Regiones adyacentes (países) o Regiones anidadas (municipios contenidos en estados).

2.4.1 Variable Regionalizada

Dado que x es un punto en el espacio R^3 y Z(x) es el valor de la función para el punto x, en el que se esta interesado. Esta función es llamada "variable regionalizada", p. Ej. Puede ser la consistencia de un depósito en un punto o la gravedad especifica de los minerales. Tal función usualmente es altamente variable, no continua y no pude ser estudiada correctamente. El estudio se lo realiza, analizando sus incrementos.

La idea básica de la teoría es considerar a tal función Z(x), donde x es un punto o vector en R^n, con una realización de una función aleatoria Z(x). Solo se tiene una realización de aquella función aleatoria, el fin es encontrar las características de la función aleatoria Z(x) para hacer las estimaciones de posibles puntos desconocidos.

2.5 Variograma

Es un estimador de la varianza poblacional, por lo tanto la población debe tener una tendencia de estacionariedad; el variograma esta relacionado con la dirección y distancia (h), es la principal herramienta básica, que da soporte a las técnicas de Kriging, permite representar cuantitativamente la variación de un fenómeno regionalizado en el espacio. El Variograma modela como dos valores en el espacio se ponen en correlación.

El variograma representa la tasa media de cambio de una propiedad con la distancia, describiendo su forma el patrón de variación espacial en términos de magnitud, escala y aspecto general. El hecho de que dos observaciones próximas sean más parecidas que si éstas estuvieran más separadas, se refleja en el mismo concepto del variograma; la

dependencia espacial disminuye a medida que se incrementa la distancia, h, y finaliza a una cierta distancia, el rango. Más allá del rango, la tasa media de cambio es independiente de la separación entre las observaciones.

El Variograma esta conformado por los siguientes elementos:

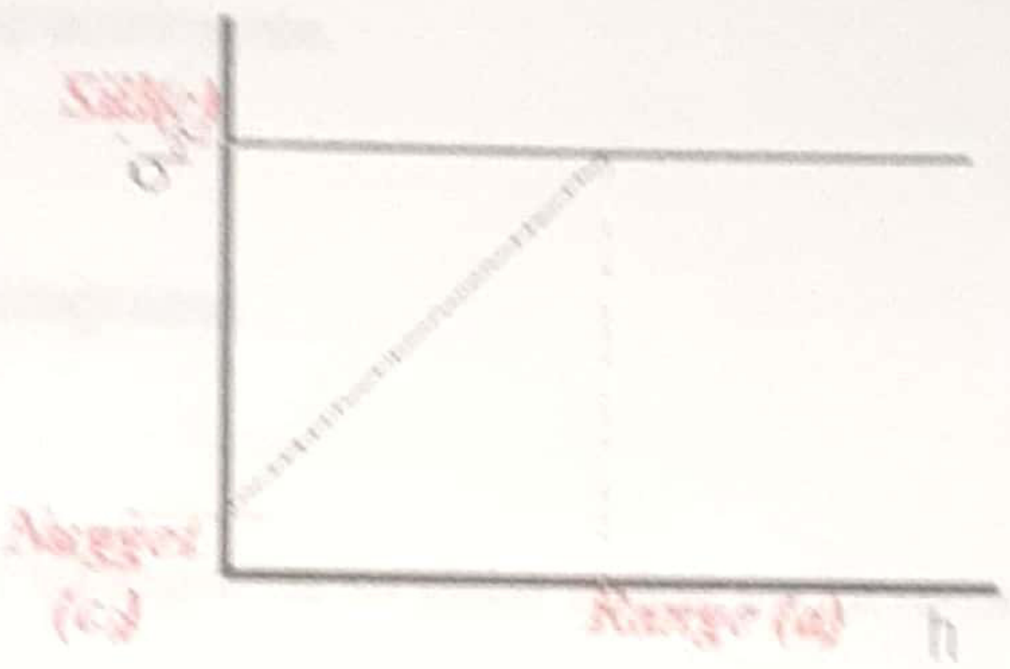


Figura 2.1 Forma Característica de un Semivariograma

2.5.1 Efecto Nugget (Co)

Generalmente el Variograma no tiende a cero como lo hace la distancia h, el Efecto Nugget indica la discontinuidad del semivariograma para distancias que sean menores, que la menor distancia que se da entre los puntos muestrales. Parte de esta discontinuidad puede también ser divididas en errores de medición, una pobre precisión analítica, o más a menudo altamente errática a baja escala.

2.5.2 Umbral (Sill = C1 + C0)

Es el valor alcanzado por el Variograma en el Rango. El Sill de un Variograma, pude ser denotado por la varianza de muestra.

2.5.3 Escala (C1).- Es el valor tal que; C1 + C0 = SILL.

2.5.4 Rango (a).- Es la distancia dentro de la cual, las muestras están relacionadas espacialmente.

2.6 Calculo del Variograma

Para calcular el Variograma se debe definir un incremento lag, tomando todos los pares de punto que tengan esa distancia entre ellos, calcular el cuadrado de las diferencias para par de puntos, resumir todas las diferencias y luego dividir para dos veces el mismo parte de puntos que tienen distancia entre si, este resultado es el valor del Variograma.

El Variograma esta definido como:

$$2\,Y(h) = Var\left[z(x+h) - z(x)\right] = \mathrm{E}\left|\{z(x+h) - z(x)\}^2\right|$$

Puede ser estimado a partir de una muestra por:

$$2\,Y(h) = \frac{1}{n(h)} \sum_{i=1}^{n(h)} [z(x) - z(x+h)]^2$$

Muchos autores definen al Variograma de una forma muy distinta a la ecuación descrita allá arriba, considerando que usualmente al Variograma también se lo define como semivariograma, el cual esta definido como:

$$Y(h) = \frac{1}{2} Var[z(x+h) - z(x)] = \frac{1}{2} \mathrm{E}\left|\{z(x+h) - z(x)\}^2\right|$$

Puede ser estimado a partir de una muestra por:

$$\hat{Y}(h) = \frac{1}{2\,N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [z(x) - z(x+h)]^2$$

2.7 Modelos Teóricos del Variograma

Son varios los modelos básicos de los Variogramas, que son capaces de explicar los diferentes comportamientos que pueden representar las variables regionalizadas; entre los modelos mas usuales que se dan tenemos:

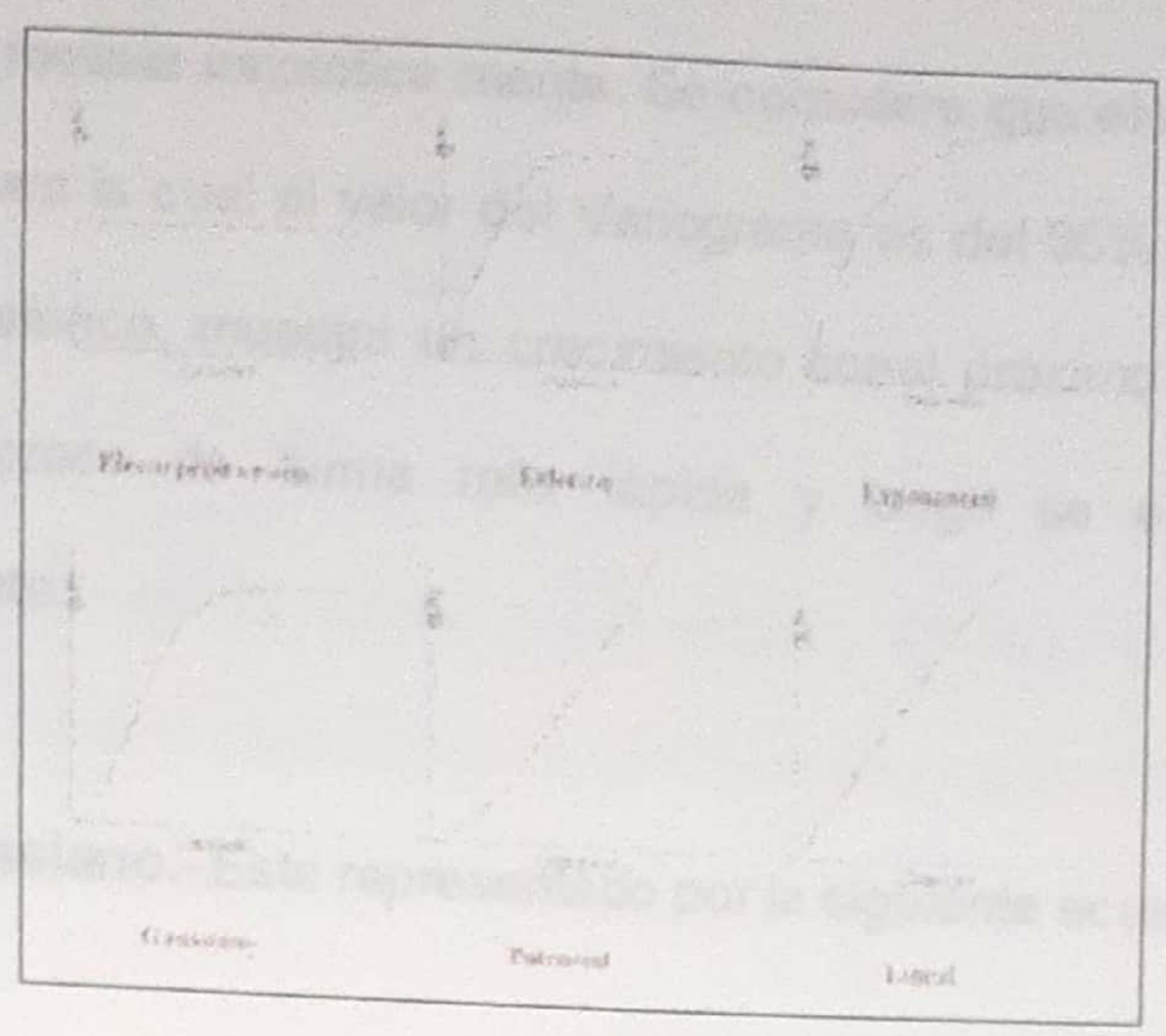


Figura 2.2 Modelos teóricos básicos más usuales para caracterizar el variograma.

2.7.1 Efecto pepita puro.- Este representado por la Siguiente ecuación:

$$\gamma(h)=\begin{cases}0 & si \quad h=0\\ M & si \quad h>0\end{cases}$$

Corresponde a un fenómeno totalmente aleatorio, el cual no muestra correlación entre los valores, con independencia de su separación. M es el valor de la meseta.

2.7.2 Exponencial.- Este representado por la siguiente ecuación:

$$\gamma(h)=M(1-\exp(-3h/a))$$

Alcanza la meseta asintótica mente. Se considera que el rango, a, es la distancia para la cual el valor del Variograma es del 95% de la meseta. Como el esférico, muestra un crecimiento lineal próximo al origen; sin embargo, crece de forma más rápida y luego se estabiliza más gradualmente.

2.7.3 Gaussiano.- Este representado por la siguiente ecuación:

$$\gamma(h) = M(1 - \exp(-3h^2 / a^2))$$

Se emplea para modelar fenómenos muy continuos. Alcanza la meseta asintóticamente y se considera que el rango, a, es la distancia en la que el valor del Variograma es el 95% de la meseta. Muestra un comportamiento parabólico cerca del origen. Constituye el único modelo estacionario con un punto de inflexión.

2.7.4 Potencial.- Este representado por la siguiente ecuación:

$$\gamma(h) = Ch^b \; ; 0 < b \leq 2$$

Con, $0 < b \leq 2$ se aproxima a un comportamiento parabólico conforme b tiende a 2.

2.7.5 Lineal.- Este representado por la siguiente ecuación:

$$\gamma(h) = A(h) + B$$

No posee valor de Sill, continua aumentando mientras la distancia (h) aumenta, es utilizado para modelar fenómenos que presentan capacidad infinita de dispersión.

Si al calcular Variogramas en diferentes direcciones, los valores del rango (a) presentan cambios, esto nos indica que se esta dando una anisotropía geométrica, en cambio si la diferencia encuentra cambios en Sill en diferente direcciones entonces hay anisotropía zonal. Algunos Variogramas son combinaciones de anisotropía geométrica y zonal.

Se debe calcular varios Variogramas en diferentes direcciones, y hacer uso el diagrama de rosa, para descubrir la existencia de anisotropía. La proporción de anisotropía es la proporción entre el rango mas pequeño y el mas grande, utilizando una proporción de uno, indica un Variograma isotópico, es decir el mismo Variograma en todas las direcciones.

Todos los modelos anteriores son admisibles para 3 dimensiones, estando expresados en su forma isotópica. Los cuatro primeros son

modelos estacionarios con meseta, mientras que el último, el potencial, no tiene meseta. Los modelos básicos pueden ser combinados linealmente para obtener otros, pero no pueden sustraerse. Tampoco pueden definirse por intervalos.

Cuando se realiza la Modelización del Variograma teórico, el usuario puede proponer diversos modelos que se ajusten a los datos experimentales. La elección de un modelo concreto suele basarse en apreciaciones subjetivas bien documentadas y en la experiencia previa. Sin embargo, puede justificarse la elección de un modelo en base a una serie de criterios estadísticos, como con el método de mínimos cuadrados ponderado (Cressie, 1985) o con el método de jacknife o de validación cruzada (Isaaks y Srivastava, 1989). Cuando el modelo ha sido identificado, se dice que el Variograma ha sido calibrado o validado.

Si se tienen dos variables relacionadas, pueden realizarse unos gráficos en los cuales se emparejan los valores de una de las variables frente a los de la otra, considerando diferentes localizaciones distantes h. De esa forma se consiguen los gráficos de dispersión h cruzados. A partir de los mismos, pueden definirse los variogramas cruzados (también los correlogramas y las funciones de Covarianza cruzadas). Su tratamiento es igual que el descrito con anterioridad para el Variograma.

2.8 Kriging

El Kriging es conocido como el método interpolador Geoestadístico, es un interpolador lineal insesgado, presenta dos propiedades básicas que son: Hacer que la suma de errores tienda a cero y que el cuadrado de las desviaciones sea el mínimo.

Tiene como objetivo estimar el valor de la variable *z* para un punto x_0 que no ha sido considerado anteriormente, realiza una suma ponderada (con pesos λ) sobre todos los sectores que conforman el área de estudio de interés, tomando los vecinos mas cercano al punto de interés x_0.

$$Z(X_0) = \lambda_1 z(x_1) + \lambda_2 z(x_2) + \ldots + \lambda_n z(x_n)$$

$$Z(X_0) = \sum \lambda_i Z(X_i)$$

El proceso de Kriging es asignar pesos a los vecinos mas cercanos, considerados para la estimación, la diferencia del Kriging con otros métodos de interpolación, es que utiliza un método semejante a la interpolación por media móvil ponderada a diferencia que los pesos son asignados a partir de un análisis espacial, basado en el semivariograma experimental.

Un método de interpolación será exacto cuando pase por los puntos muéstrales, lo mas cercano posible a ellos.

Es importante que un modelo para semivariograma que ha sido ajustado, represente una tendencia a los modelos antes descritos, para que la estimaciones obtenidas por medio del Kriging sean más exactas y mas confiables. Las estimaciones mediante el método de Kriging pueden ser por punto o bloque

2.8.1 Métodos de Estimación del Kriging

Existen dos métodos de Kriging para realizar las estimaciones

2.8.1.1. Kriging Ordinario.- Es el método mas apropiado, para situaciones medioambientales, este método asume las medias locales, no están necesariamente relacionadas lo mas cercanamente a la media poblacional, por lo cual solo se usa en la vecindad local para la estimación.

2.8.1.2. Kriging Simple.- Asume que las medias locales son relativamente constantes e iguales a la media poblacional, la cual es conocida. La media poblacional es usada como factor en cada estimación local, alo largo con las muestras en la vecindad local.

Hay dos tipos de Kriging Simple, el de punto y del de bloque, los cuales generan unas cuadriculas de interpolación.

El kriging de punto estima los valores de los puntos en los nodos de las cuadriculas y el Kriging de Bloque estima el valor promedio de los bloques rectangulares, que es tan centrados en los nodos de las cuadriculas, los bloques son de tamaño y forma de la celdas de las cuadriculas, este tipo de Kriging no resulta ser un buen interpolador, ya que no estima el valor del punto.

2.9 Efectos De Los Parámetros

2.9.1 Efecto del Rango en las Estimaciones

Un valor grande para el rango (a), significa un comportamiento mas continuo. Las estimaciones dan como resultados mapas bastantes lisos para la variable de interés.

2.9.2 Efecto del Modelo en las Estimaciones

Considerando la forma que presenta el Variograma en los primeros Lags, un modelo Gaussiano es más continuo que un modelo Esférico con un mismo efecto en 6h, para la variable mejor correlacionada, se muestran los mapas con mayor suavización.

2.9.3 Efecto del Sill en las Estimaciones

El cambiar el valor del Sill, no cambia los valores de las estimaciones, por lo que los mapas de estimaciones seguirán siendo los mismo, afecta a la variación de las estimaciones, un Sill mas alto indica, mayor variación en las estimaciones.

2.9.4 La Varianza en la Estimación

La varianza indica la dispersión que presentan los valores estimados con respecto a los valores reales. El Kriging no solo provee una estimación de mínimos cuadrados, también esta ligado a la varianza del error.

La Varianza del error es Dependiente en el modelo de la Covarianza.

Capítulo 3

3. HERRAMIENTA UTILIZADA PARA EL ANÁLISIS GEOESTADÍSTICO.

En el presente capítulo se describe las características, ventajas y utilización que proporciona cada Software para llevar a cabo los análisis Geoestadísticos. La elección del mismo se debe, primeramente, a que con él se pueden efectuar todas las fases de un estudio geoestadístico (análisis exploratorio de los datos, análisis estructural y estimaciones), además también se menciona varios de los programas que son usados con más frecuencia para este tipo de análisis, con sus respectivas características ventajas y desventajas que presentan.

3.1 Tipos de Software

Son varios los paquetes de software, que proporciona ayuda para desarrollar análisis de datos espaciales, muchos de estos paquetes proporcionan los cálculos tradicionales Estadísticos, como son análisis Univariado, gráficos de histogramas; además de las técnicas básicas, que conforman el análisis Geoestadístico.

Para el desarrollo del análisis se utilizó el Software Variowin en la elaboración de modelos para Variogramas Versión 2.2 (2003), y además se recurrió al software SADA 4.0, como soporte para la elección del mejor modelo que describa el comportamiento de las variables de interés

3.2 Variowin

Se usaron 3 módulos del Variowin 2.2, para utilizar el primer modulo, se tuvo que crear un archivo y guardar dicho archivo de datos con extensión .dat para usar el primer modulo PREVAR2D. A continuación se muestra una pantalla detallando la manera correcta y el orden en que se procede el ingreso de los datos.

A continuación la pantalla del archivo con extensión .dat:

2002-2003. - Notepad

File Edt Forma: View Help

Per102-03
6
X
Y
Capt
LnCapt
Dens
LnDens

X	Y	Capturas	Capt.	Proceso	Densidad		LnDens
673892,993		9755113,034	2	1,099	0,109	0,103	
674003,771		9754430,243	2	1,099	0,171	0,388	
674169,142		9755310,552	2	1,099	0,116	0,110	
674283,393		9754922,575	2	1,099	0,752	0,561	
674130,472		9754744,192	2	1,099	0,391	0,330	
674267,982		9754321,404	2	1,099	0,452	0,373	
674575,980		9755338,346	6	1,946	0,815	0,596	
674432,663		9755301,790	6	1,946	0,633	0,491	
674488,023		9754869,615	6	1,946	1,043	0,715	
674902,156		9754201,825	2	1,099	0,115	0,109	
673772,288		9754234,946	2	1,099	0,123	0,116	
673478,725		9754296,723	2	1,099	0,196	0,179	
673412,734		9754040,409	2	1,099	0,245	0,219	
673602,955		9753759,944	2	1,099	0,111	0,105	
673592,843		9754476,590	2	1,099	0,126	0,118	
672893,553		9754889,991	8	2,197	0,314	0,273	
673209,615		9754781,051	8	2,197	0,421	0,352	
673012,087		9754195,991	4	1,609	0,235	0,211	
672909,672		9753906,935	4	1,609	0,344	0,296	
673033,310		9753731,375	4	1,609	0,656	0,504	
672516,380		9754498,838	16	2,833	0,965	0,676	
672053,050		9754208,063	16	2,833	6,763	2,049	
672491,318		9754102,975	4	1,609	0,278	0,245	
672496,519		9753791,855	4	1,609	0,287	0,252	

Figura 3.1 Presentación de los datos en archivo .dat

Una vez creado el archivo .dat, se realiza el primer modulo PREVAR2D, donde se definen las coordenadas, el numero de datos y el numero de variables y luego se escoge la opción Run! de la barra de estado principal, que calculara el número de datos y de variables forma los pares y se crea un archivo con extensión .pcf; A continuación se muestra la pantalla donde se presentan los parámetros antes mencionados:

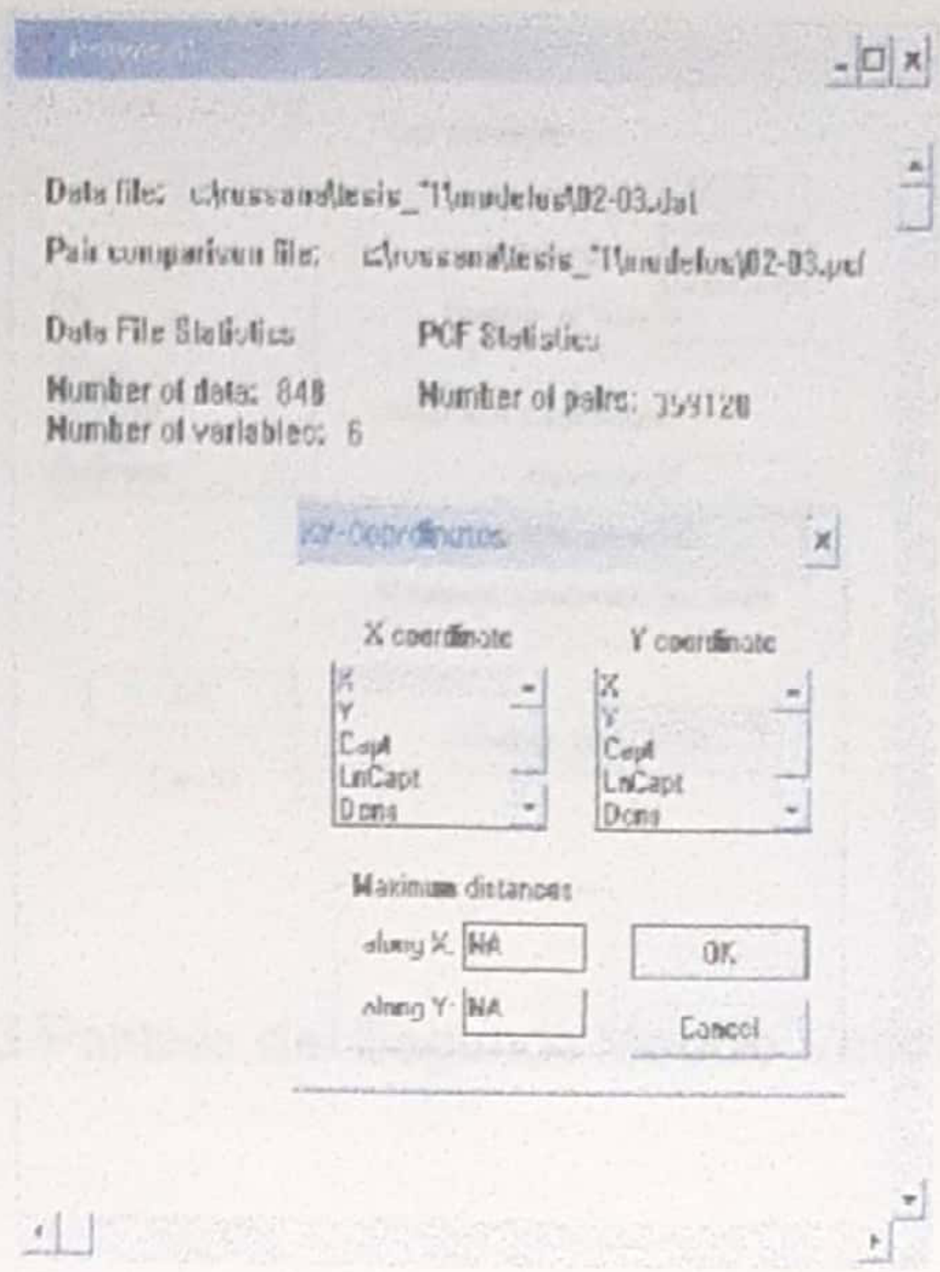


Figura 3.2 Pantalla del Primer Modulo PREVAR2D

Este archivo .pcf se lo utiliza en el segundo modulo Vario2D with pcf en donde se calcula la superficie del Variograma Direccional, donde se ingresa los parámetros del Lags., el número de Lags., la tolerancia angular y la dirección, comúnmente son por defecto. A continuación se presenta la pantalla donde se muestra los paramentos de Lags. y de la Dirección:

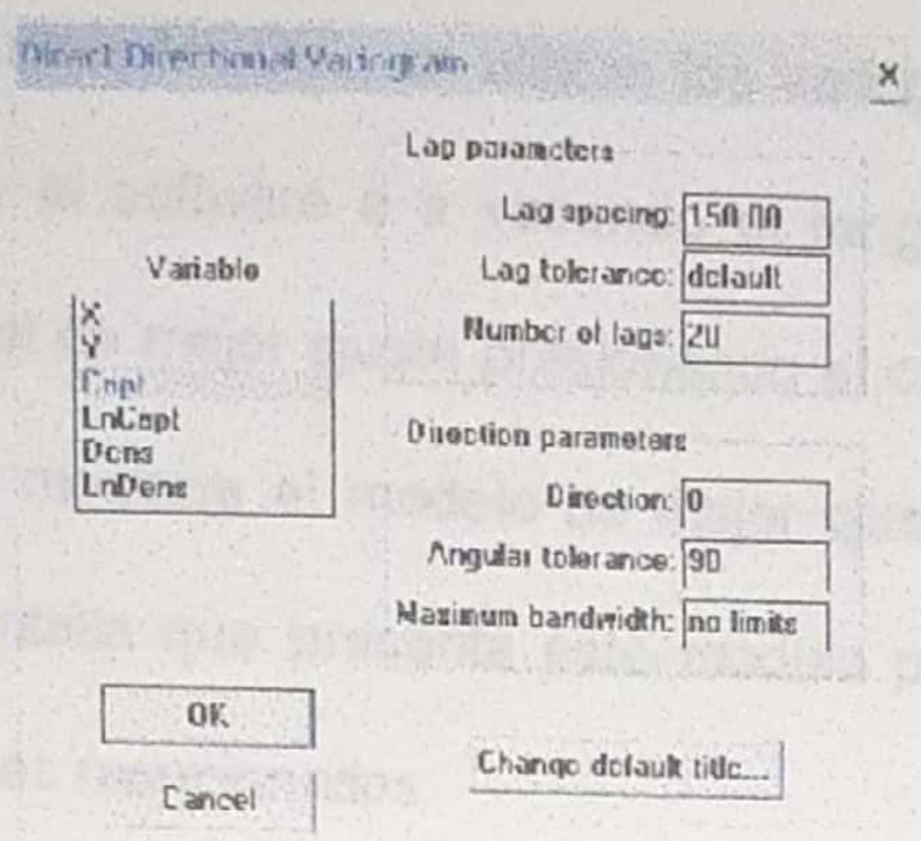


Figura 3.3 Pantalla del Segundo Modulo Vario2D with pcf

Una vez ingresado los parámetros en cada variable en este caso se esta trabajando con la variable Capt. periodo 2002-2003, se presenta variograma direccional del área de estudio. A continuación se presenta el grafico que se obtuvo con los parámetros establecidos:

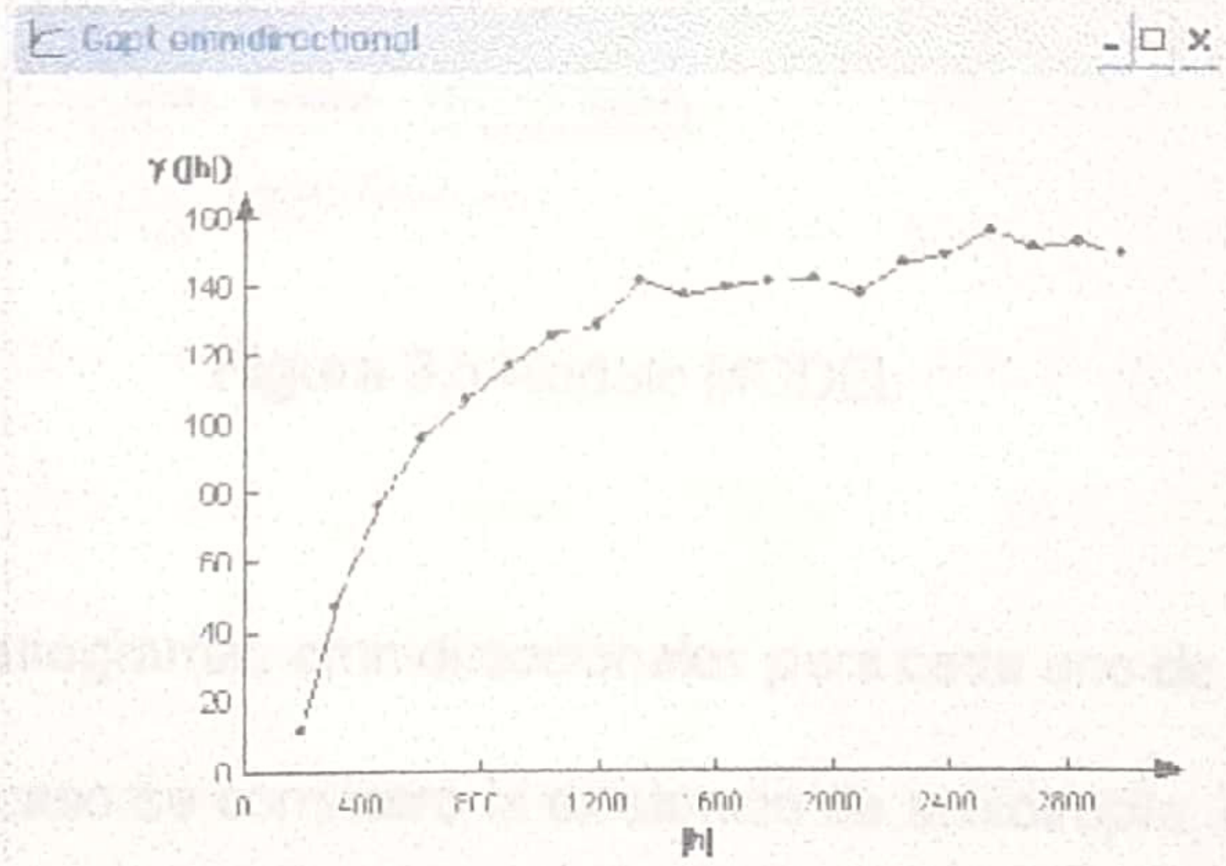


Figura 3.4 Variograma Direccional

En el tercer modulo MODEL, se utilizan los variogramas obtenidos para interactuar con el software e ir variando el rango, sill y efecto pepita hasta obtener el de mejor ajuste presionando el cuadro de control (Best fit found) que mostrara el modelo de mejor ajuste. A continuación se presenta la pantalla que presenta este modulo para el ingreso de los parámetros antes mencionados:

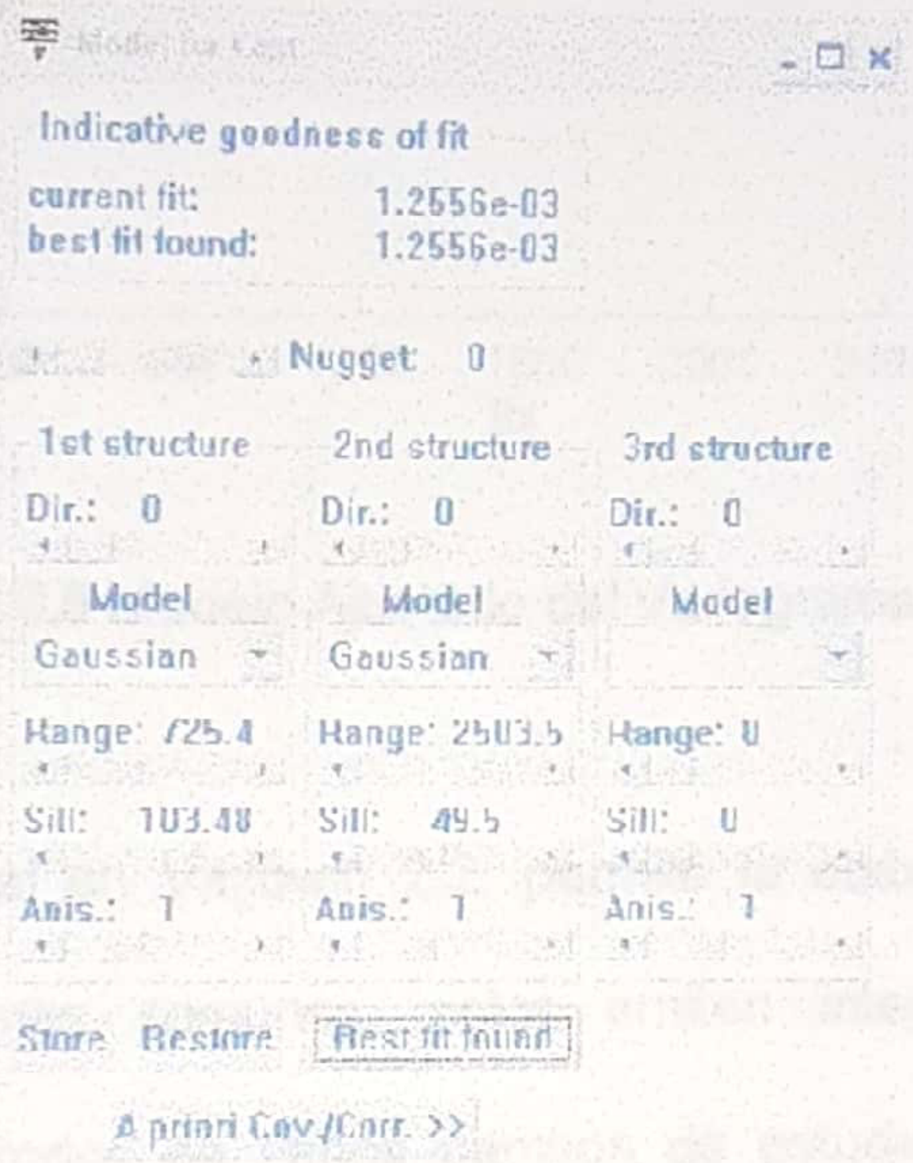


Figura 3.5 Modulo MODEL

Se obtuvo variogramas omnidireccionales para cada uno de los periodos y en ningún caso se consideró la existencia de anisotropía, el cálculo de los variogramas direccionales se hubiese sustentado sobre muy pocos puntos muéstrales lo cual obtenido resultados deficientes. A

continuación se presenta el modelo ajustado en el variograma obtenido en el modulo Vario2D with pcf:

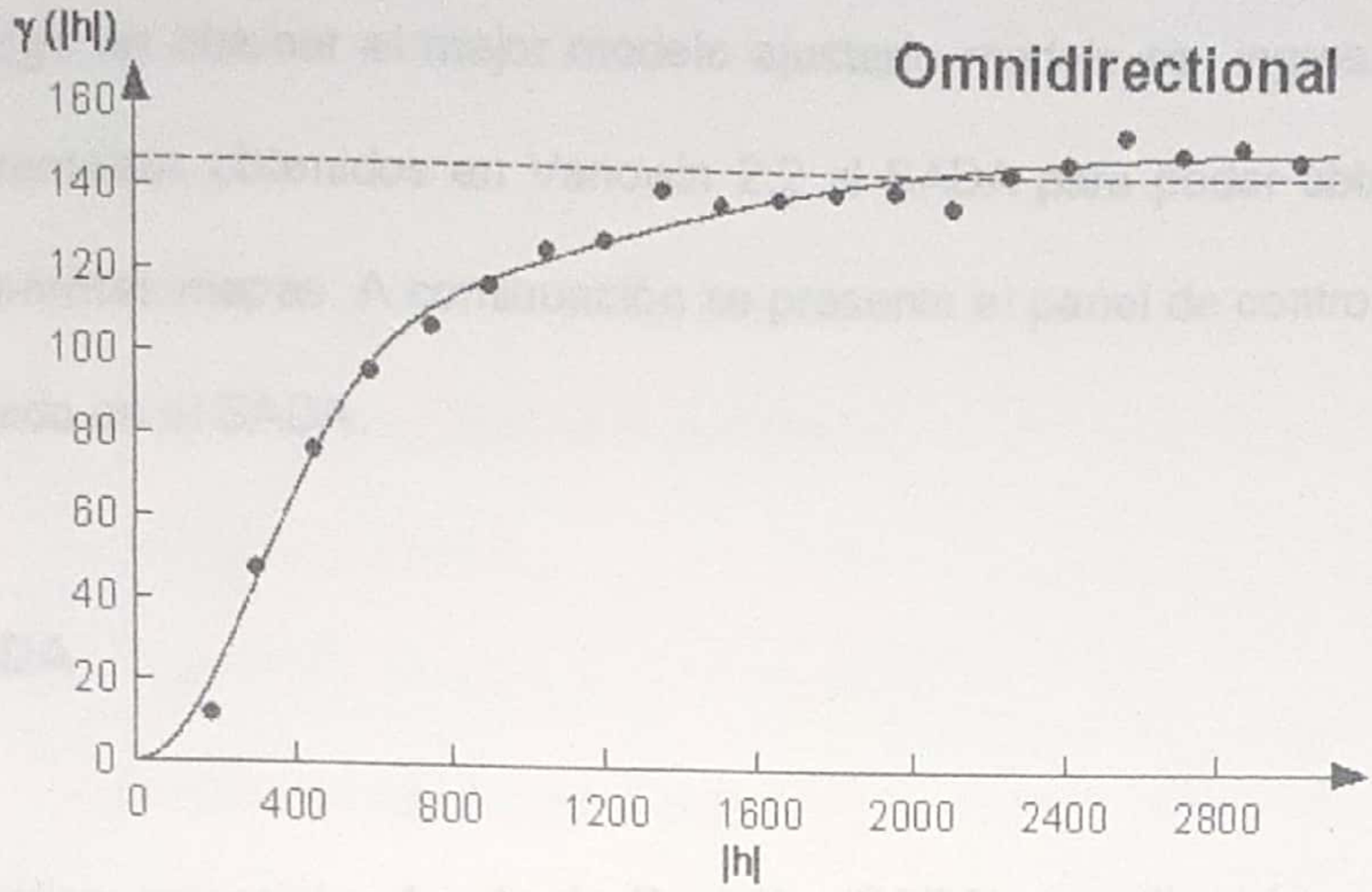


Figura 3.6 Modelo Ajustado del Variograma Direccional

Análisis espacial en Variowin 2.2, permite la elaboración de modelos para Variogramas comunes, estos emiten integrando y haciendo diferentes métodos en varios campos de estudio. Opera como un banco de datos geográficos sin fronteras y soporta un gran volumen de datos (sin limitaciones de escala, proyección y uso), manteniendo la identidad de los objetos geográficos a lo largo de todo banco. Proporciona un ambiente de trabajo amigable y poderoso, a través de la combinación de menús y ventanas con un lenguaje espacial fácilmente programable por el usuario. Es capaz de operar con toda funcionalidad

en ambientes que varían desde microcomputadores hasta estaciones de trabajo

Luego de obtener el mejor modelo ajustado modelo se ingresaron los parámetros obtenidos en Variowin 2.2 al SADA para poder obtener los diferentes mapas. A continuación se presenta el panel de control que es usado en el SADA.

3.3 SADA

Análisis espacial y Ayuda de Decisión (SADA), son direcciones que la valoración medioambiental común emite integrando y haciendo métodos de varios campos de estudio. Para alcanzar estos objetivos, el SADA se basa en un modelo de datos orientado a objetos, del cual se deriva una "lista de pasos" donde se muestran funciones múltiples, como los utilizados para indexación espacial, segmentación de imágenes y creación de retículas triangulares, garantizan el desempeño adecuado en las más diversas aplicaciones.

Otra característica, considerada extremamente importante, es que la base de datos es única, o sea, la estructura de datos es la misma cuando el usuario trabaja en un microcomputador (IBM-PC) y en una

máquina RISC (Estaciones de Trabajo UNIX), no habiendo necesidad alguna de conversión de datos. Lo mismo ocurre con la interfaz, la cual es exactamente la misma, de manera que no existe diferencia en el modo de operar el producto. Estos estudios incluyen:

- Datos Exploración y Visualización
- Sistema de Información Geográfico
- Análisis Estadístico
- Valoración de Riesgo de Salud Humana
- Valoración de Riesgo Ecológica
- Datos de que Protegen y Criterio de Decisión
- Interpolación geoespacial
- Incertidumbre Análisis
- Análisis para la toma de decisiones
- Plan de Muestreo
- Estadística General (histogramas, gráficos de probabilidades)
- Variogramas, Madogramas, Variograma Relativo, cálculo de Variograma Ergódico y su modelación. Estimaciones para Kriging por punto y bloque (Ordinario y Simple).
- Cokriging Universal punto y *bloque*, y Variograma cruzado.
- Análisis de Correspondencia

3.3.1 Instrucciones para el manejo del SADA 4.0

Previa la utilización del SADA, se deberá crear un archivo estándar tipo CSV (delimitado por comas), luego se muestra una ventana donde especificaremos el archivo de datos que nosotros queremos importar, los datos se ingresan de a manera de columnas delimitado por comas (p.ej. x,y,Tipo,Valor). A continuación se presenta la pantalla detallando en ingreso del archivo .csv:

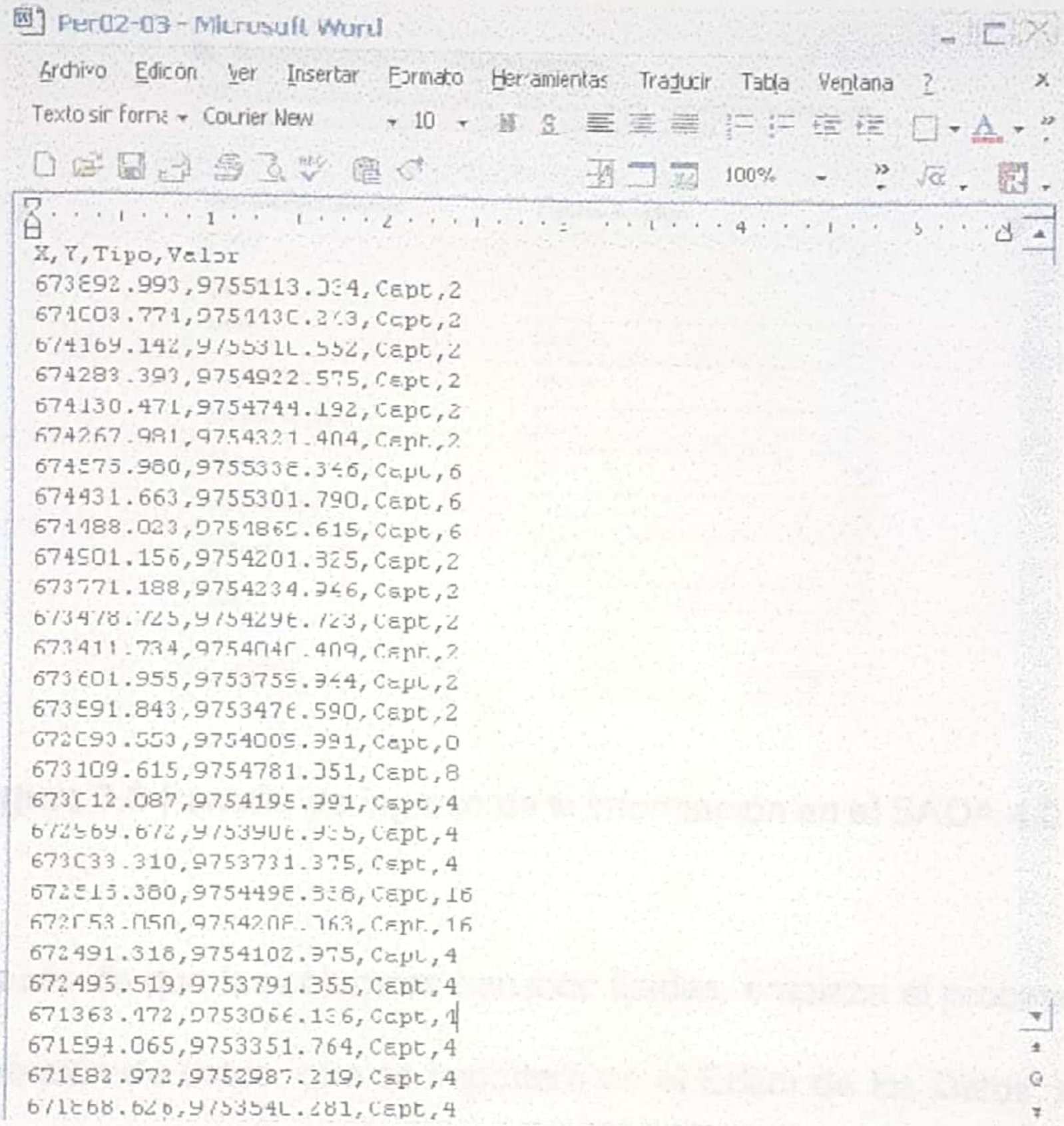


Figura 3.7 Presentación de los datos en archivo .csv

El siguiente paso, es guardar el archivo con extensión tipo .csv y asimilar las columnas de coordenadas UTM, tipo de variable y los valores de corresponden al numero de insectos capturados en cada periodo, información que se requerirá para la utilización del SADA.

A continuación se presenta la pantalla donde se ingresan la información necesaria para poder realizar los diferentes mapas en el estudio.

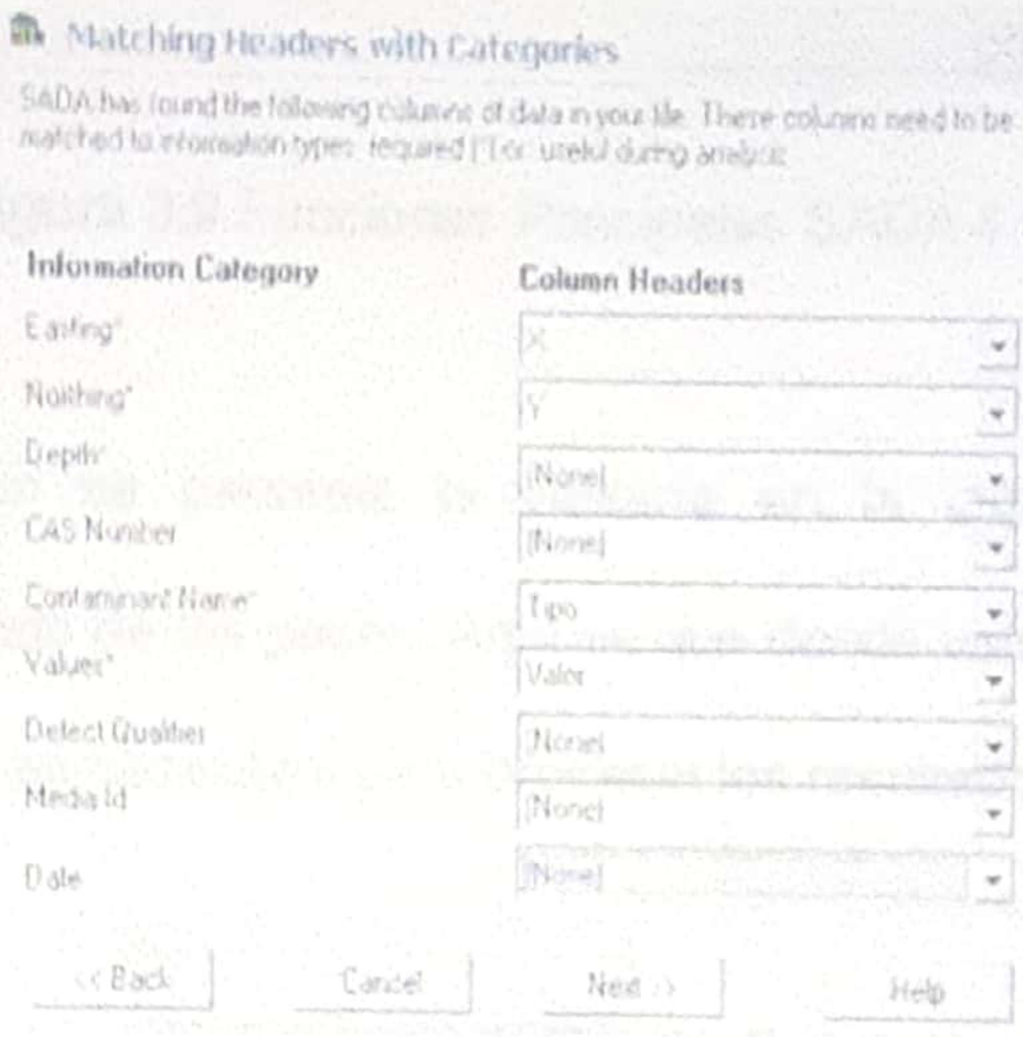


Figura 3.8 Pantalla de ingreso de la información en el SADA 4.0

Después de que las columnas han sido fijadas, empieza el proceso de la conversión de datos que se importará en el Editor de los Datos, que es una hoja de cálculo simple que muestra cómo el SADA ve los datos cuando está importándose, igualmente proporciona una oportunidad

para identificar errores en los datos y verificar los valores duplicados. Se crea el archivo en el SADA y se abre automáticamente la pantalla donde se presentara opciones tales como: ventana de pasos, ventana de ingreso de parámetros y las funciones principales que se muestran a continuación:

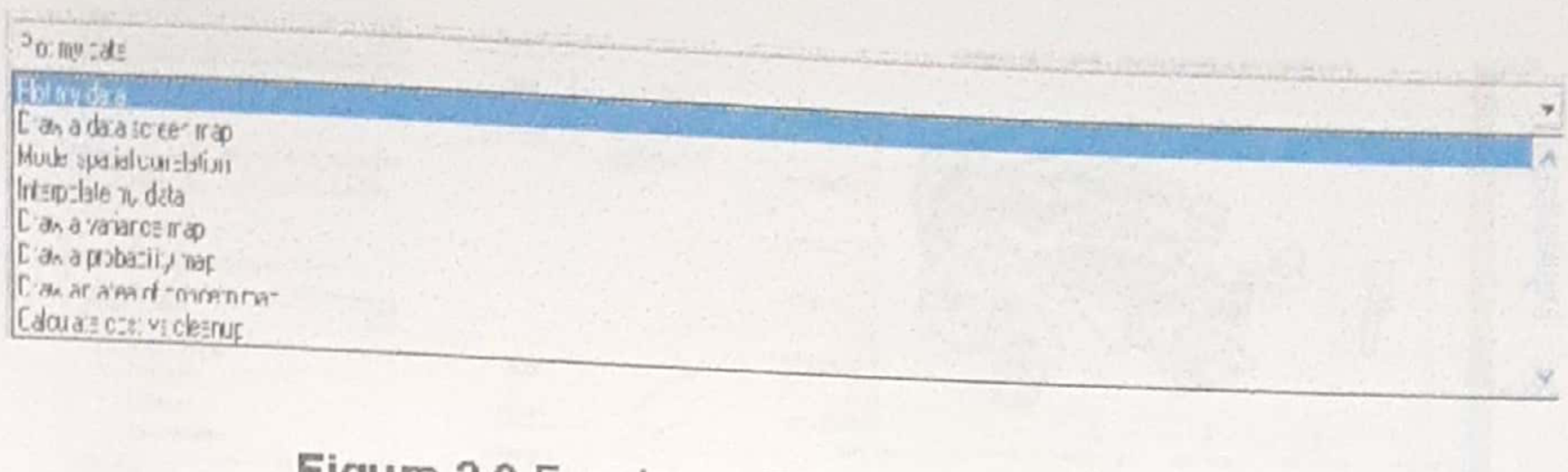


Figura 3.9 Funciones Principales SADA 4.0

A continuación se presenta la ventana en la izquierda donde se presentan la lista de los pasos. Aquí es que donde usted verá que todos los pasos que se necesitara para procesar los resultados:

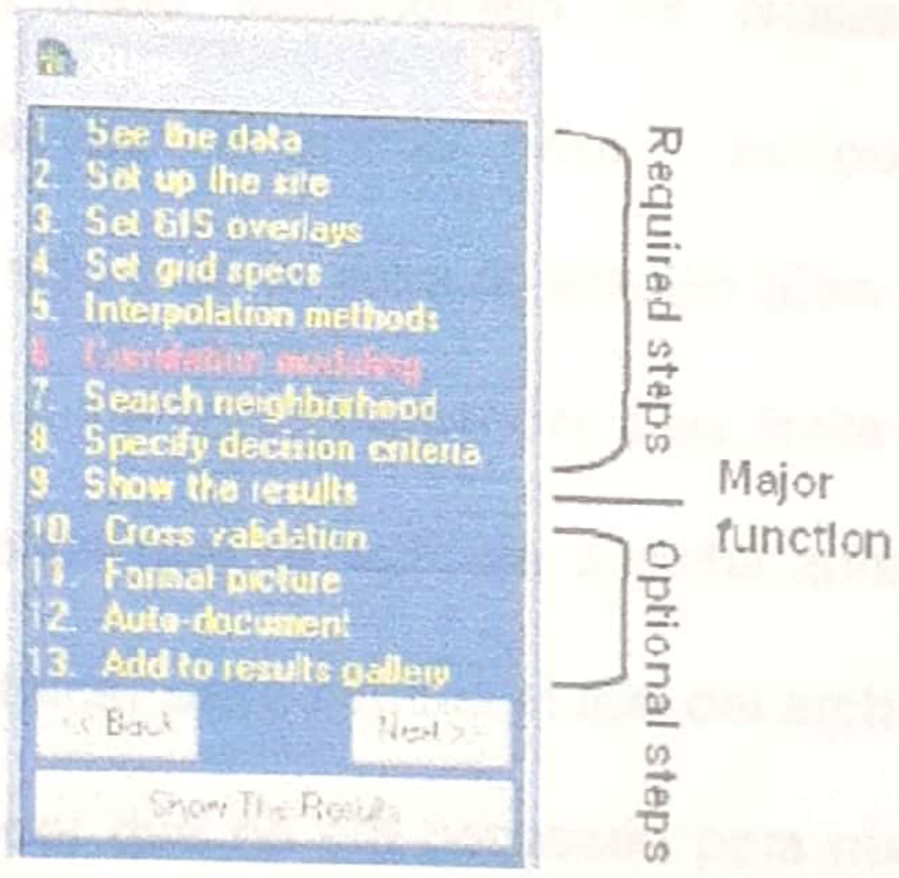


Figura 3.10 Ventana de los pasos SADA 4.0

El primer paso, muestra los datos las coordenadas UTM, en el segundo paso se figura el polígono, dando la forma del ISC:

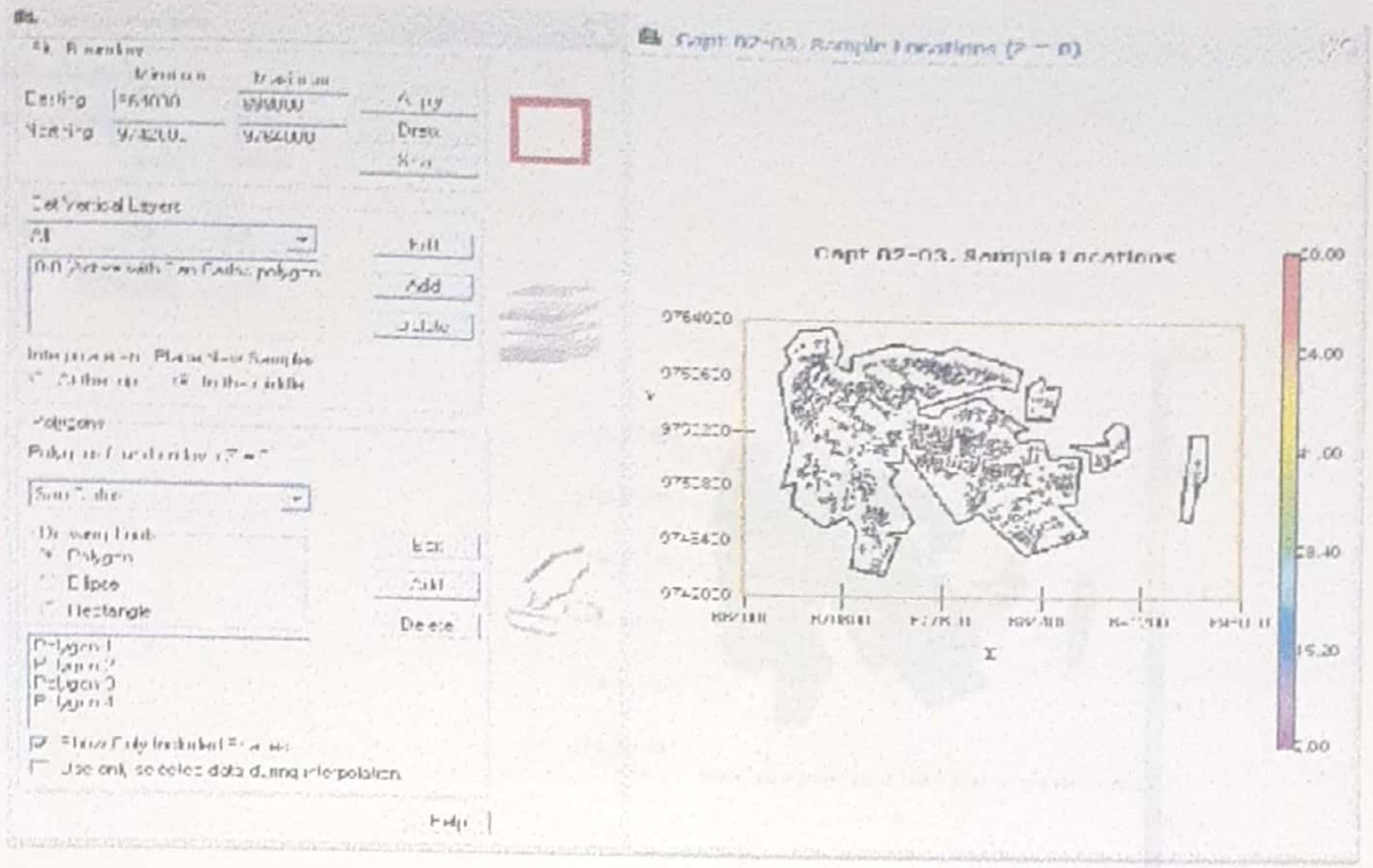


Figura 3.11 Polígono del Área del Ingenio San Calos

Dependiendo del paso seleccionado, se realizaran las funciones requeridas; al escoger el primer paso, se podrá ver los datos preparados en el sitio o en la zona de estudio (San Carlos); el segundo paso se verán los parámetros requeridos para limitar la zona de estudio y crear los polígonos que se aplicara a dicha zona como se muestra anteriormente; el tercer paso cambia el tipo del archivo a .dxf, pero este paso se lo obvio por que no era necesario para nuestro análisis; en el cuarto paso sirve para poner la grilla (cuadriculas) o el tipo de resolución

que se quiere mostrar en los mapas. A continuación se muestra el polígono de San Carlos en este caso con un tamaño de grilla de 500 x 500.

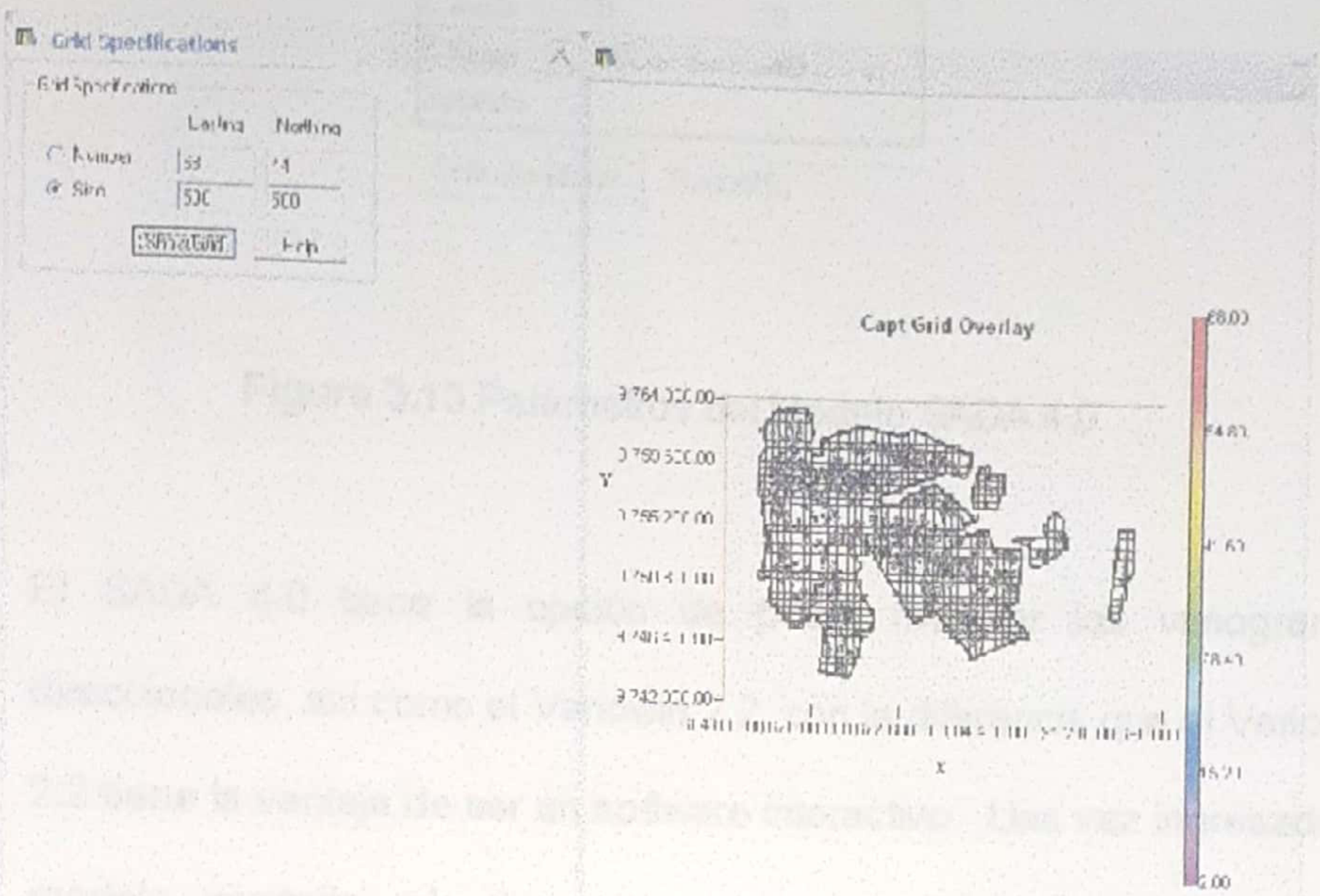


Figura 3.12 Demostración del Mapa con Cuadriculas (Grilla)

En la lista de funciones principales, escogemos las opción para el Modelo de Correlación que es necesario para poder mostrar los distintos mapas; se mostrara el paso 4, donde se ingresara el modelo ajustado, el rango mayor y el rango menor, el ángulo, sill (contribución), el efecto Nugget, a continuación se muestra la pantalla donde se ingresan dichos parámetros:

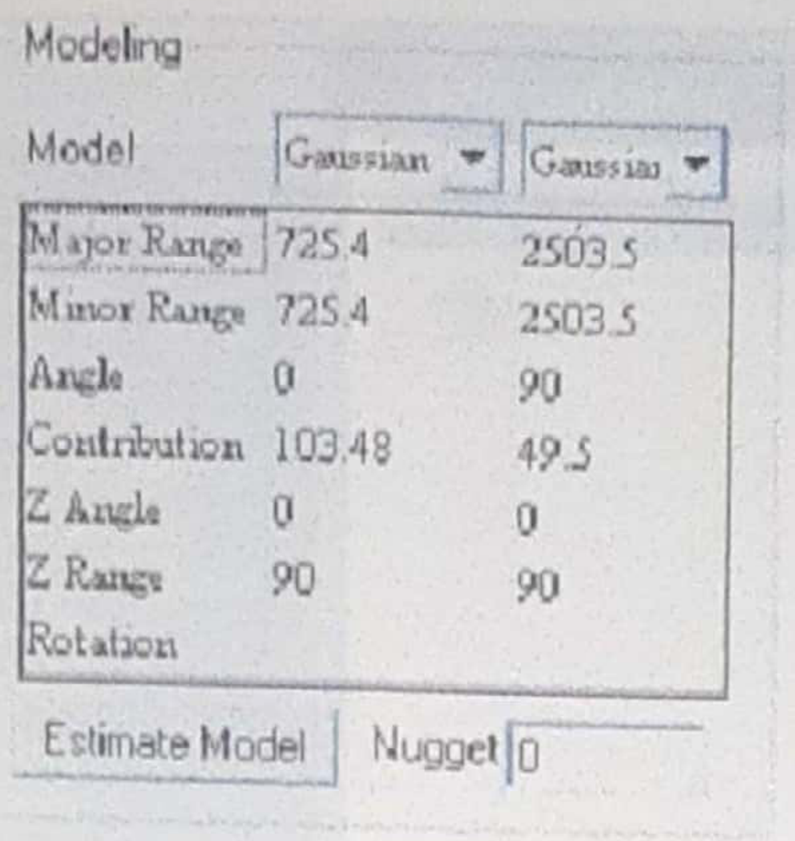


Figura 3.13 Parámetros del Modelo SADA 4.0

El SADA 4.0 tiene la opción de poder modelar los variogramas direccionales, asi como el Variowin 2.2, con la diferencia que el Variowin 2.2 tiene la ventaja de ser un software interactivo. Una vez ingresado el modelo ajustado, el mismo que presentara el semivariograma, se procede a escoger la opción en la lista de funciones principales de Interpolación de los datos, donde dos nuevos pasos aparecen: Correlación del modelo y Radio de la Búsqueda. Esto es porque el modelo del Kriging ordinario requiere parámetro que pueda ejecutar su parte del proceso lo que presenta el método de interpolación Kriging Ordinario.

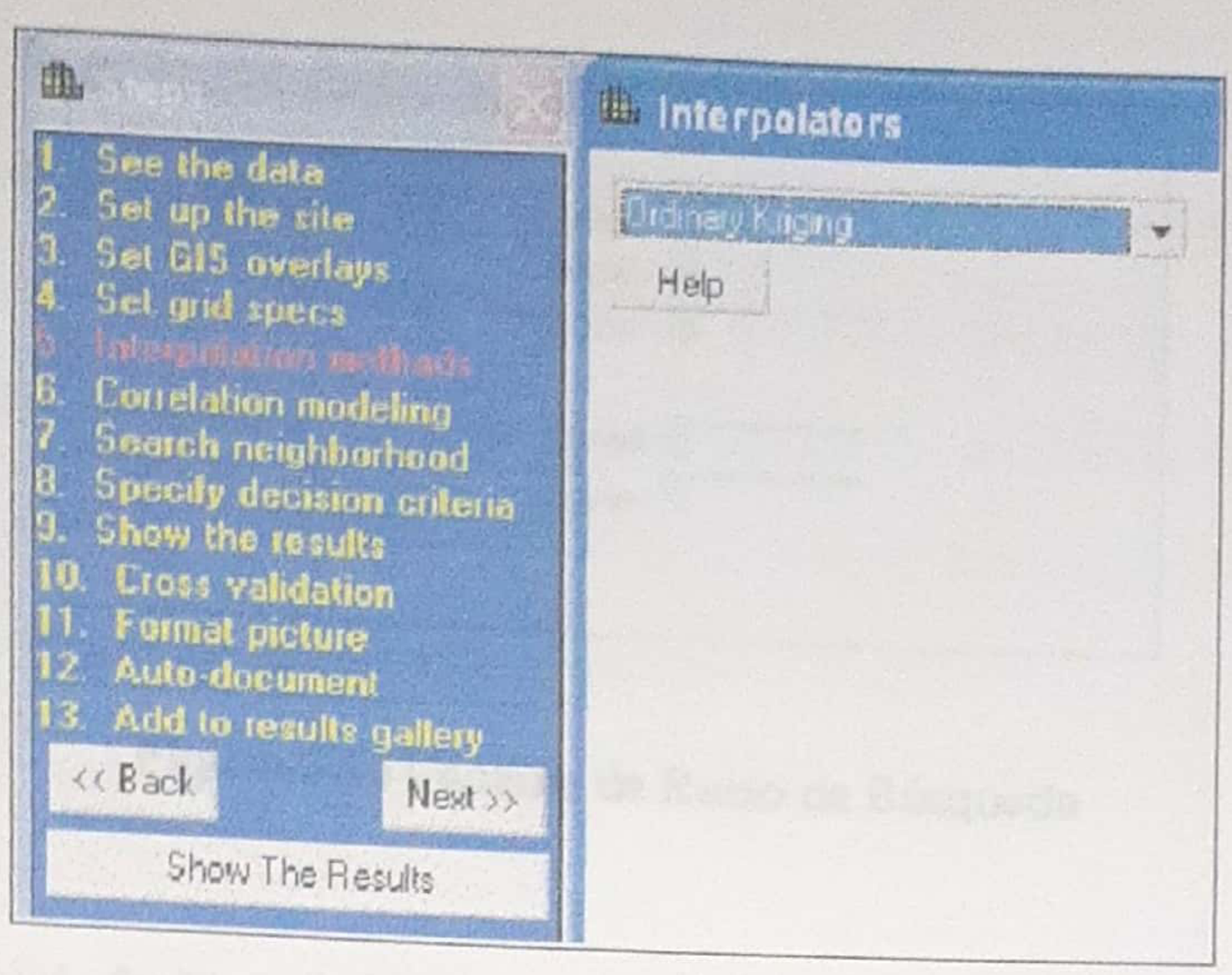


Figura 3.14 Ventana del Método de Interpolación

Una vez ingresado los parámetros del interpolador y el radio de búsqueda, acogemos el paso 9, que presentara el mapa de estimación de los datos, siguiendo con los mismos pasos, en la lista de funciones principales, se escoge la opción de mostrar el mapa de varianza. A continuación se presenta la pantalla donde se ingresará el radio de búsqueda en este caso para este periodo se utilizo para el periodo 2002-2003 un radio de búsqueda de 2500:

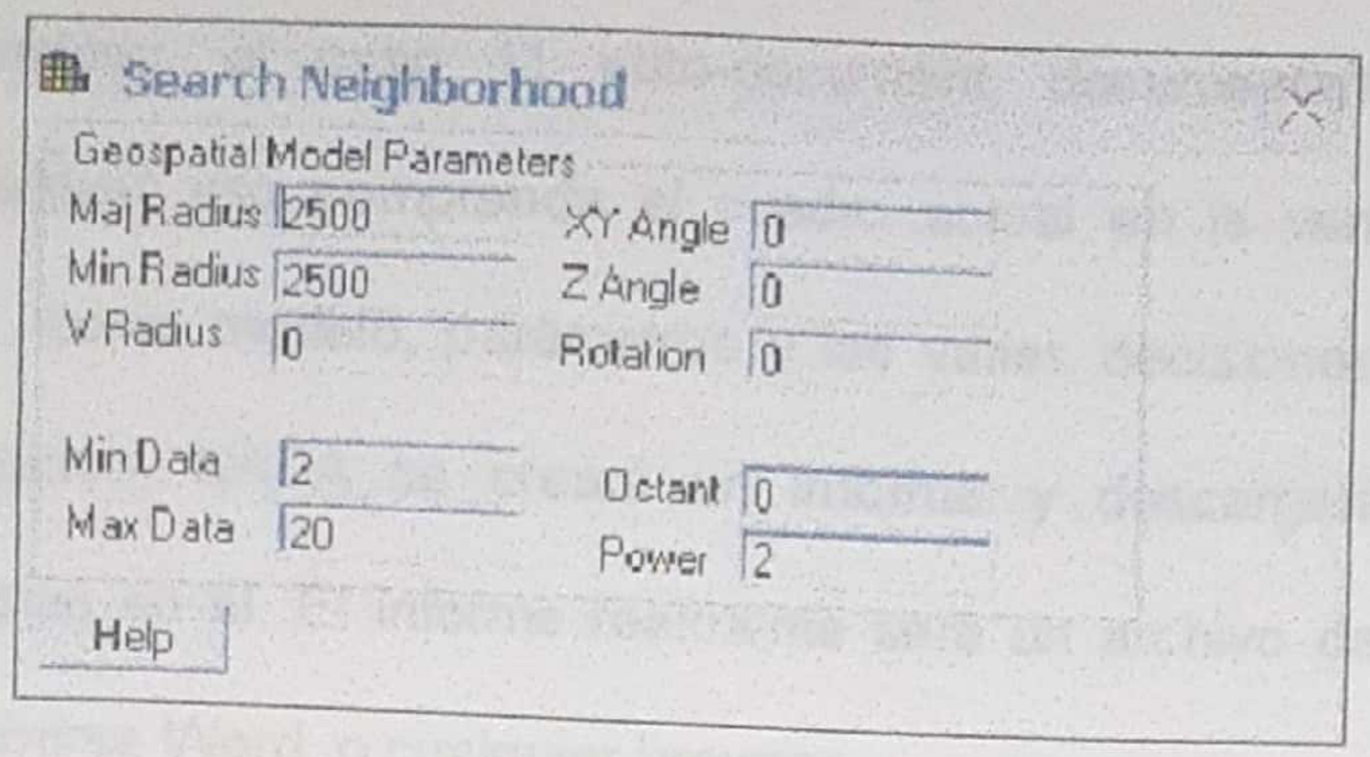


Figura 3.15 Ventana de Radio de Búsqueda

El SADA facilita al usuario reestructurar el resultado de los mapas mostrando un formato especifico asi como, el subtítulo, conjunto de caracteres y cambio de los números, algunos de éstos, como eje horizontal, el eje vertical y hasta sus fuentes.

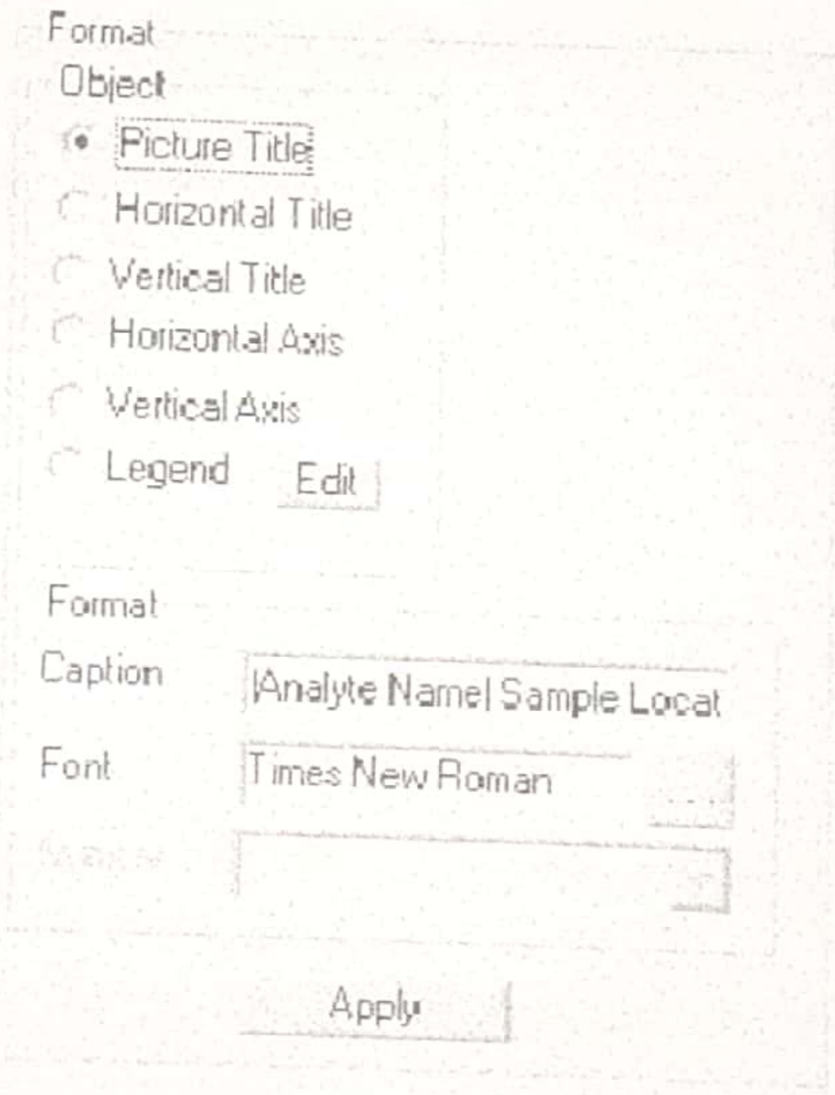


Figura 3.16 Ventana para el formato de Mapas

Para finalizar, el paso 11 auto-document, documentará todos los "ingredientes" eso comprenda el cuadro actual en la ventana de los gráficos, como modelo, parámetros y las varias decisiones. Apretando Actualización, SADA se creará un informe y descargará toda esta información en él. El informe realmente será un archivo de HTML que puede abrirse Word, o cualquier browser.

Capítulo 4

4. ASPECTOS BÁSICOS DE LA ZONA DE ESTUDIO Y LOS DATOS

En este capítulo se detallara la ubicación de la zona del ingenio azucarero San Carlos y aspectos generales de la zona, la metodología empleada para la recolección de los datos de estudio y el pre-procesamiento de la información para determinar los datos que van a ser de interés para un análisis posterior.

La mayor parte de información presentada en este capítulo, se la obtuvo en el Ingenio San Carlos[2], principalmente en los departamentos de Control Fitosanitario, y Administrativo.

4.1 Ingenio San Carlos

El Ingenio San Carlos es una empresa perteneciente a la Sociedad Agrícola e Industrial San Carlos S. A., se encuentra ubicada en el cantón

[2] Sociedad Agrícola Industrial San Carlos, 2004. Marcelino Maridueña – Ecuador.

Cmel 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.

Dentro del sector azucarero del Ecuador, esta empresa posee un merecido prestigio, debido a que en los últimos años ha logrado estar entre los principales productores de azúcar a nivel nacional. Como resultado de esta excelente labor, ha logrado pasar de ocupar el tercer puesto en producción nacional en el año 1996 (SICA, s.f.), a ocupar el primer puesto e incluso romper el récord nacional de producción de sacos de azúcar en los dos últimos años.

Esta excelente producción y por consiguiente solidez económica, le ha permitido realizar un gran impacto en las comunidades cercanas, debido a que da empleo a una gran cantidad de personas provenientes principalmente de los cantones Marcelino Maridueña, Naranjito, Milagro y Guayaquil; los cuales se desempeñan en diferentes funciones que van desde obreros hasta ingenieros y funcionarios administrativos en general.

El Ingenio San Carlos se encuentra situado en la provincia del Guayas en el Cantón Gral. Marcelino Maridueña. 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%. El promedio anual de luminosidad es de 710 horas luz. En lo que respecta a la topografía de esta zona es plana y la textura del suelo va de franco– arenoso – limoso, con un drenaje de superficie moderado, estructura blocoso sub angular.

La cifra actual de caña que se halla sembrada en el ingenio San Carlos, se halla repartida de la siguiente manera: 15529.73 has de caña y 957.64 has de barbecho (Terreno que se encuentra en descanso por este año), dando un total de 16487.37 has. Para el manejo administrativo de las has. del cultivo, 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[3].

[3] Información proporcionada por el Ing. Leonidas Estrada, Jefe de Campo del Ingenio San Carlos.

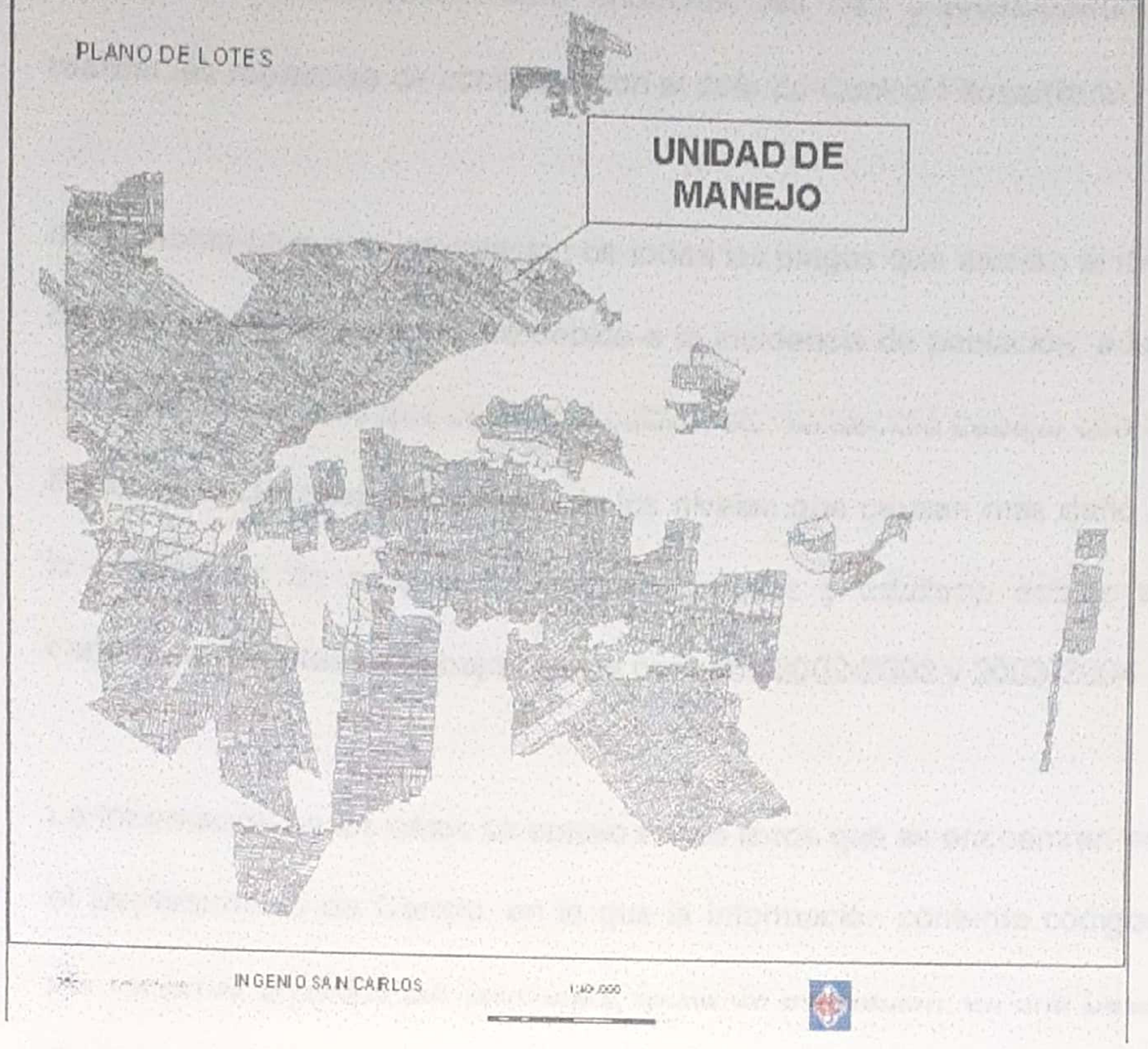


Figura 4.1 División por lotes del Ingenio San Carlos[4]

4.2 Información de los Datos de Estudio

Previamente se hicieron los contactos con el CINCAE para poder acceder al ingenio, concertando una reunión con los representantes de los tres ingenios azucareros de mayor importancia en el Ecuador, donde

---

[4] Fuente: Dep. Campo, ISC

se decidió que los datos sean obtenidos del ISC y posteriormente realizar las reuniones de consultas con el Jefe de Control Fitosanitario.

Inicialmente se busco información de todas las plagas que afectan al ISC durante los últimos años, pero debido a la incidencia de población, a las características, daño que causan al cultivo, etc. se decidió trabajar con la Perkinsiella Saccharicida en dos de los niveles que causan mas daño a la producción de este cultivo (ninfas grandes y adultos), debido al cambio de los lotes se trabajo con los periodos 2002-2003 y 2003-2004.

La información de los datos se obtuvo en los libros que se encuentran en el Departamento de Campo, en la que la información contenía códigos por canteros divididos por secciones, fecha de evaluación, en una base de datos, en la que la información contenía las tablas evaluaciones, nivel y plagas; y en otra base de datos en la que la información contenía los códigos de lotes georeferenciados. Para obtener la información Georreferenciada de los datos se procedida hacer un cruce de estas fuentes.

En la tabla evaluación, se detallan los datos "puros" desde el periodo 1992 - 1993 hasta el periodo 2004 -2005, describiendo los campos tales como: período del cultivo, el código del cantero, el lote del cantero,

el código del lote, la variedad de la caña, la plaga que afecta en el lote; y, las observaciones donde se describe por qué hubo infestacion en el cultivo. En el campo evaluaciones, se detalla también el levantamiento de la información fitosanitaria o evaluación con una frecuencia de 15 días en los cultivos de 7 meses de edad, pero se toma en cuenta el promedio de número de perkinsieiias por cada cantero.

En el campo plaga, se registraron grupos de insectos y/o plagas, niveles de diferentes plagas, de las cuales, se escogió la plaga Perkinsiella Saccharicida del grupo 1 dos tipos de niveles, adultos y ninfas grandes por brote o tallo, por la razón de que esta plaga en estos niveles afectan drásticamente a la producción de azúcar

En la base de datos georreferenciada, se presentaban las georreferecias en UTM de los centros de los lotes, asi como su código. La codificación de los lotes sirvió para formar una base de datos georreferenciada, uniendo los periodos evaluados por lotes y las georeferencias de cada lote, para el análisis espacial de la distribución del insecto Perkinsiella Saccharicida

Para el estudio, se han tomado los datos desde el periodo 2002-2003 hasta el periodo 2003-2004; se recolecto información del periodo 2004-

2005 pero los datos no fueron representativos para toda el área de estudio. La base georeferenciados consta con los 1309 lotes georeferenciados en todos los periodos, en el periodo 2002-2003 hubo 347 lotes georeferenciados que no presentaron capturas por lo cual se trabajo con "datos puros" de capturas en 898 lotes georeferenciados. En el periodo 2003-2004 hubieron 180 lotes georeferenciados que no presentaron capturas por lo cual se trabajo con "datos puros" de capturas en 1065 lotes georeferenciados. En el periodo 2004-2005, (hasta Marzo 2005) solo hubo 119 lotes georeferenciados de capturas las mismas que presentaban bajas incidencias (máximo 6), por lo cual no se considero este periodo para el estudio.

Recalquemos que, el análisis geoestadístico se realizo desde el periodo 2002-2003, debido a un cambio de unidad geográfica de manejo, se realizo la división de los canteros por características del cultivo, por tal razón el Ingenio San Carlos estaba divididos en canteros, y a partir de este periodo se dividió el cantero por secciones o lotes, con el propósito de implementar un nuevo método de la agricultura de precisión.

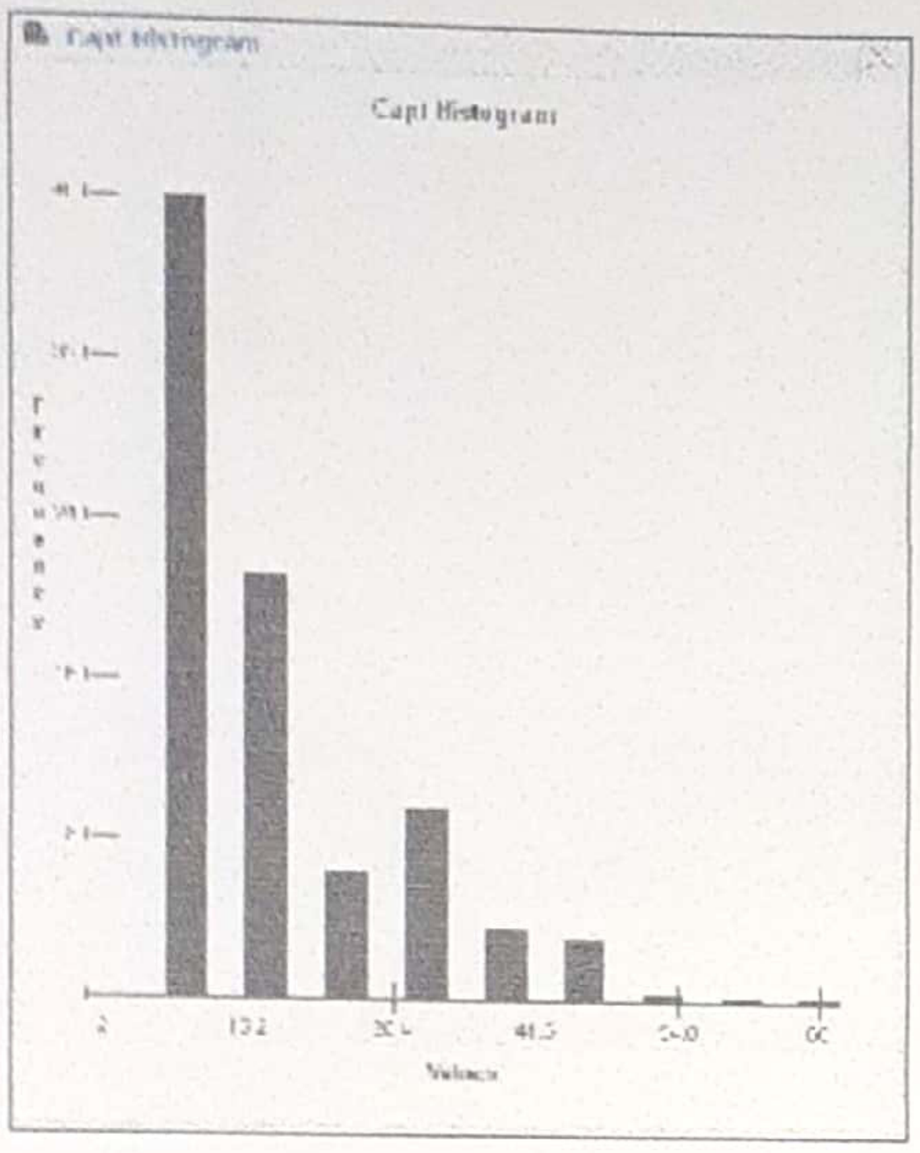
4.3 Capturas e Intensidad de las Plagas

Debido a interpretaciones a posteriori de los mapas de estimación de capturas, (Vease Capitulo 5. Capt. 2002-2003. Figura 5.5, Capt. 2003-2004. Figura 5.14), 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; 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 aplico a todos los lotes con los datos de las capturas, en los periodos analizados se propone la transformación de la siguiente manera:

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

La principal ventaja de realizar esta transformación es que, las distribuciones se vuelven menos sesgadas. Como se visualizan a continuación:

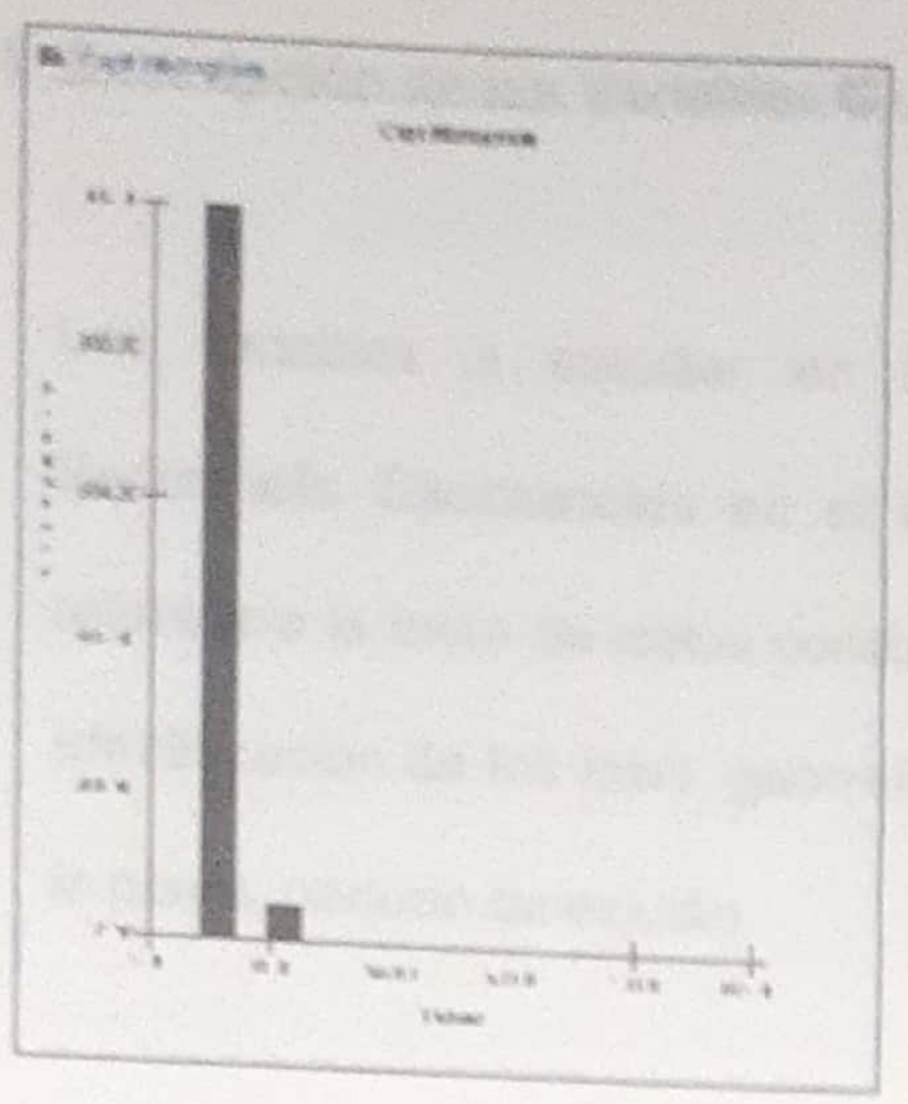
A continuación se muestra los histogramas de los datos de las capturas (Capt.) y de la intensidad de capturas (LnCapt.) en el periodo 2002-2003; y periodo 2003-2004, para comprobar la uniformidad de la escala.

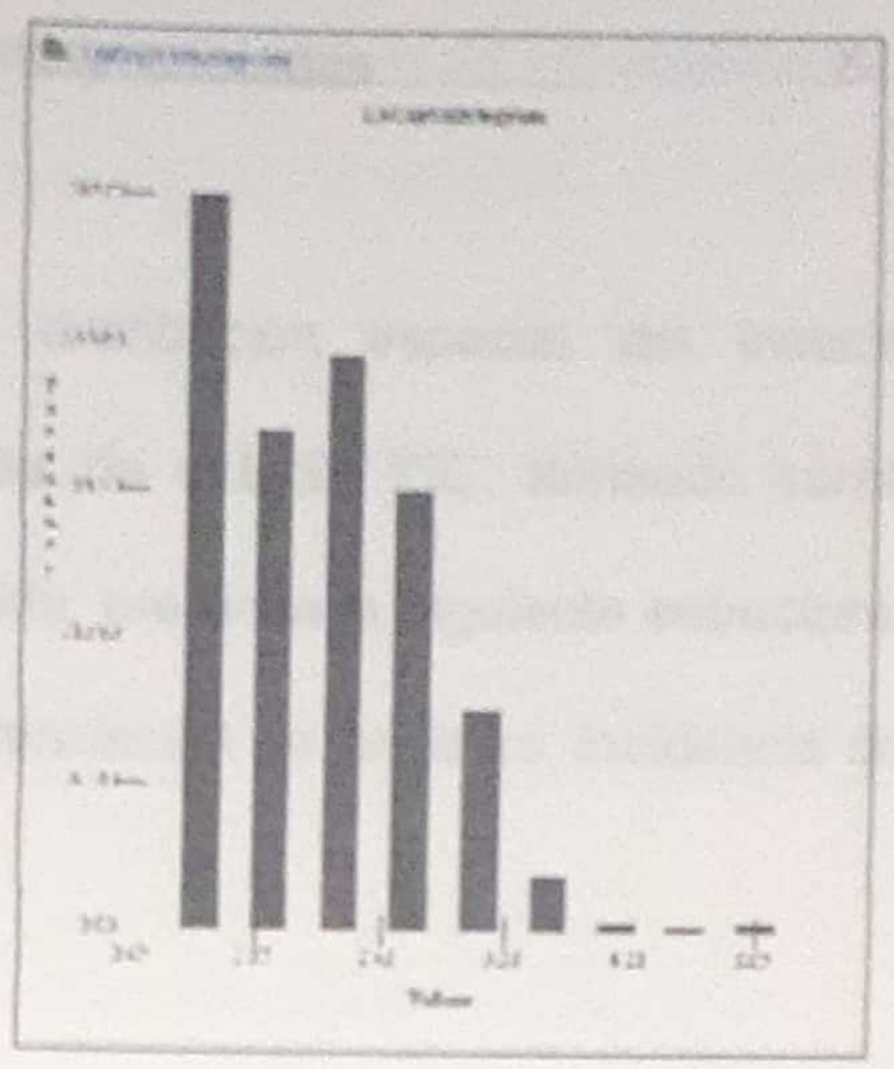


Analyte	Mean	Variance	Coefficient of Variance	Skewness	Kurtosis
Capt	13.716647	146.6051954	0.8827276	2655.85	2.4094166
LnCapt	2.2298831	0.841268	0.411325	-0.0516317	-0.9598891

Figura 4.2 Histogramas de la Variable Captura

Periodo 2002-2003 y Periodo 2003-2004





Analyte	Mean	Variance	Coefficient of Variance	Skewness	Kurtosis
Capt	7.6901408	98.3362279	1.2630047	7654.86	107.3457202
LnCapt	1.6813343	0.6508371	0.4798241	0.2000652	-0.3097006

Figura 4.3 Histogramas de la variable LnCapt.

Periodo 2002-2003 y Periodo 2003-2004

Podemos notar que en la variable Capt. existen muchos capturas bajas que hace que existan interpolaciones negativas. También podemos observar que la curtosis en la intensidad de capturas (LnCapt.) es menor que 0 (ploticurtica), lo que se podría confirmar que los datos están mas uniformizados.

4.4 Descripción de las Variables Georreferenciadas

Las variables a estudiar en la distribución espacial del insecto Perkinsiella Saccharicida en el área de estudio ISC, tomando como referencia la base de datos construida, presenta la siguiente estructura: Identificación de los lotes, georreferenciación de los lotes, incidencia de la plaga, periodo de estudio.

TABLA II

INFORMACIÓN DE LOS DATOS DE LA VARIABLE

	DATOS
ID	Nº DEL LOTE
GREO	UTMx
GRNS	UTMy
VALOR	Número de Capturas, Intensidad de Capturas
TIPO	Capt. y LnCapt.
CAPT.	CAPTURAS DE INSECTOS
LNCAPT.	INTENSIDAD DE CAPTURAS
N_0	Nº DECAPT. 2002-2003
N_1	Nº DE LNCAPT. 2002-2003
N_2	Nº DE CAPT. 2003-2004
N_3	Nº DE LNCAPT. 2003-2004

ID: En esta variable se especifica el número que se le ha asignado a cada lote para su ubicación en los mapas. Esta dada en valores categóricos.

GREO: Esta Variable indica la coordenada del centro del lote en el plano de Norte a Sur. Esta dada en UTM.

GRNS: Esta Variable indica la coordenada del centro del lote en el plano de Este a Oeste. Esta dada en UTM.

VALOR: Identificara el numero e intensidad de capturas.

TIPO: Define la variable Capt. o LnCapt.

N_0: Esta variable indica el número de capturas de insectos en el lote, en el periodo 2002-2003. Esta dado en valores enteros positivos,

N_1: Esta variable indica la intensidad de capturas de insectos en el lote, en el periodo 2002-2003. Esta dado en valores reales.

N_2: Esta variable indica el número de capturas de insectos en el lote, en el periodo 2003-2004. Esta dado en valores enteros positivos,

N_3: Esta variable indica la intensidad de capturas de insectos en el lote, en el periodo 2003-2004. Esta dado en valores reales.

Capítulo 5

5. APLICACIÓN DEL ANÁLISIS GEOESTADÍSTICO

En el presente capítulo se realiza un análisis geoestadístico de la distribución de la plaga Perkinsiella Saccharicida en el Ingenio Azucarero San Carlos en los períodos 2002-2003 y 2003-2004, en esta sección se describe en primer lugar la correlación espacial donde se podrá examinar el comportamiento estructural a través de los ajuste de modelos teóricos antes detallados en el Capítulo 2, una vez determinados los modelos se analizara los patrones de variaciones de las densidades de insectos mediante el uso de variogramas, y con posterioridad, con los métodos de estimación Geoestadistica, denominado Krigeado se obtiene la información suficiente para representar las distribuciones espaciales de los insectos y poder obtener los mapas de estimación y varianza con los cuales se podrá analizar dichas distribuciones en los períodos de estudio.

Primeramente se realiza un análisis descriptivo Univariado para las variables de interés, donde se detallan cada uno de los valores obtenidos en este análisis. Se sigue una metodología general para los análisis, que se lo realiza por períodos y por cada periodo se analizan las observaciones de las

capturas y las intensidades de capturas, dichas observaciones son tomadas de las evaluaciones periódicas que se realizaron en los lotes del área de estudio.

5.1 Procedimiento para el Análisis

Una vez realizada el pre-procesamiento de los datos en el Variowin 2.2 con la información obtenida en la base de datos del control de perkinsiellas, se procedió a la depuración de los datos como se explico en capitulo 4.

Se trabajó con dos niveles de datos, Capturas e Intensidad de Capturas, previo al ingreso en los software Geoestadísticos; dicho tratamiento consistió en la transformación de dicha información como se explico en el capitulo 4.

Se usaron los módulos de archivos del Variowin 2.2, tal como se detalla en el capitulo 3, para obtener los variogramas experimentales, para luego estas estructuras, puedan ser ajustadas a modelos teóricos, para poder mostrar las curvas experimentales, previamente se pudo experimentar dificultades en los detalles de las distribución, donde se pudo observar valores que trasformaban una función inestable.

Luego de obtener el mejor modelo ajustado se ingresaron los parámetros obtenidos en Variowin 2.2 al SADA 4.0, para poder obtener los diferentes mapas. A continuación se presenta el menú principal donde se muestran los pasos que se deben seguir para obtener los diferentes mapas:

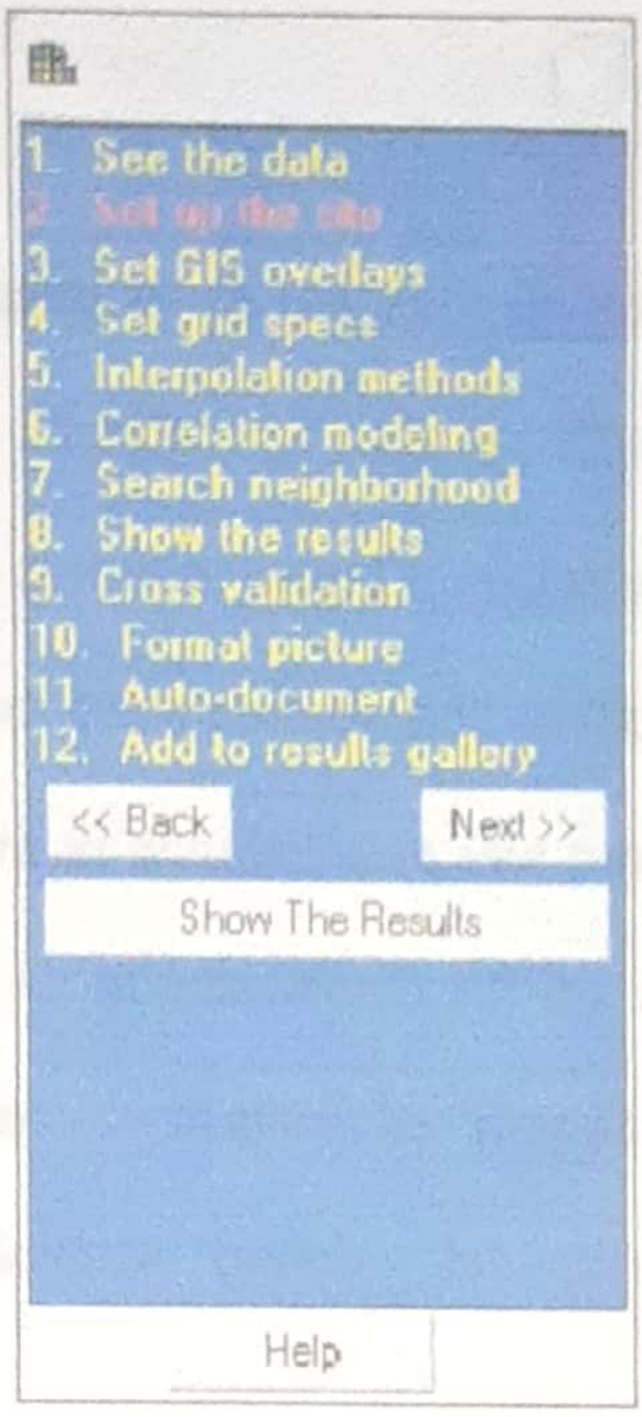


Figura 5.1 Pasos del SADA

Primeramente se perfila el área de estudio, luego se realizo la interpolación usando el paso 5 como se explico en el Capitulo 3, para escoger el tamaño de la grilla para los mapas de estimaciones hecho

en celdas de 50 x 50 por la distancia entre lotes, se utilizaron paneles pequeños para ilustrar las distribuciones suavizadas, se uso un radio de búsqueda para el KO que varia de acuerdo al periodo que se esté tomando como estudio, se considera mínimo 2 puntos vecinos y máximo 20 puntos vecinos y en la opción del modelo de correlación se deben ingresar los parámetros obtenidos de los variogramas omnidireccionales.

Como metodología general, se realizara 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.

5.2 Análisis Geoestadístico: Periodo 2002-2003

En el periodo 2002-2003, se realizaron 94 evaluaciones, de las cuales se presentaron observaciones de la plaga en 302 canteros, dichos

canteros representan en un total 848 lotes de los 1309 que existen en el ingenio azucarero; se estima que en los lotes donde no se presentaron capturas es porque no se realizaron evaluaciones.

En total se capturo un numero de 11.622 brotes de perkinsiellas en los dos niveles, la mayor presencia de capturas se presentó en el cantero 039536, el mismo que esta dividido en 6 lotes (033601-033606) en los cuales en promedio se capturaron 68 insectos en cada uno; dicho lote se encuentra ubicada en la zona Nor-Oeste de la zona azucarera San Carlos.

Los resultados del análisis estadístico de las variables estudiadas se pueden presentar en un cuadro (Cuadro 5.1), donde se puede apreciarse que la variable Captura presenta mayor variación, expresada por el Coeficiente de variación. Por otra parte, el rango de valor mas amplio de observa en la variable Captura.

A continuación se presenta un cuadro con los parámetros más importantes de la muestra.

TABLA III

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS VARIABLES DE INTERÉS

PERIODO 2002-2003

Analyte	Capt	LnCapt
N	848	848
Mean	13.717	2.230
Median	10	2.303
Moda	4	1.386
Variance	146.605	1.386
Standard Deviation	12.108	0.841
Skewness	2655.85	4.220
Coefficient of Variance (%)	0.883	0.411
Range	66	3.527
Kurtosis	2.409	-0.960
Minimum Detect	2	0.693
Maximum Detect	68	4.220

Se puede observar que los datos de intensidad esta mucho mejor comparado con los datos de las capturas, ya que, pudiéndose notar en los parámetros estadísticos básicos como el coeficiente de variación, la varianza muestral, el sesgo es mucho mejor, asi como también la curtosis.

5.2.1 Análisis Capturas 2002-2003

Para realizar el análisis geoestadístico, fue necesario representar en el mapa del Ingenio y la ubicación geográfica de los lotes. A continuación

se presenta el mapa de posicionamiento de los lotes y una zona de ampliación donde se registraron mayor numero de capturas.

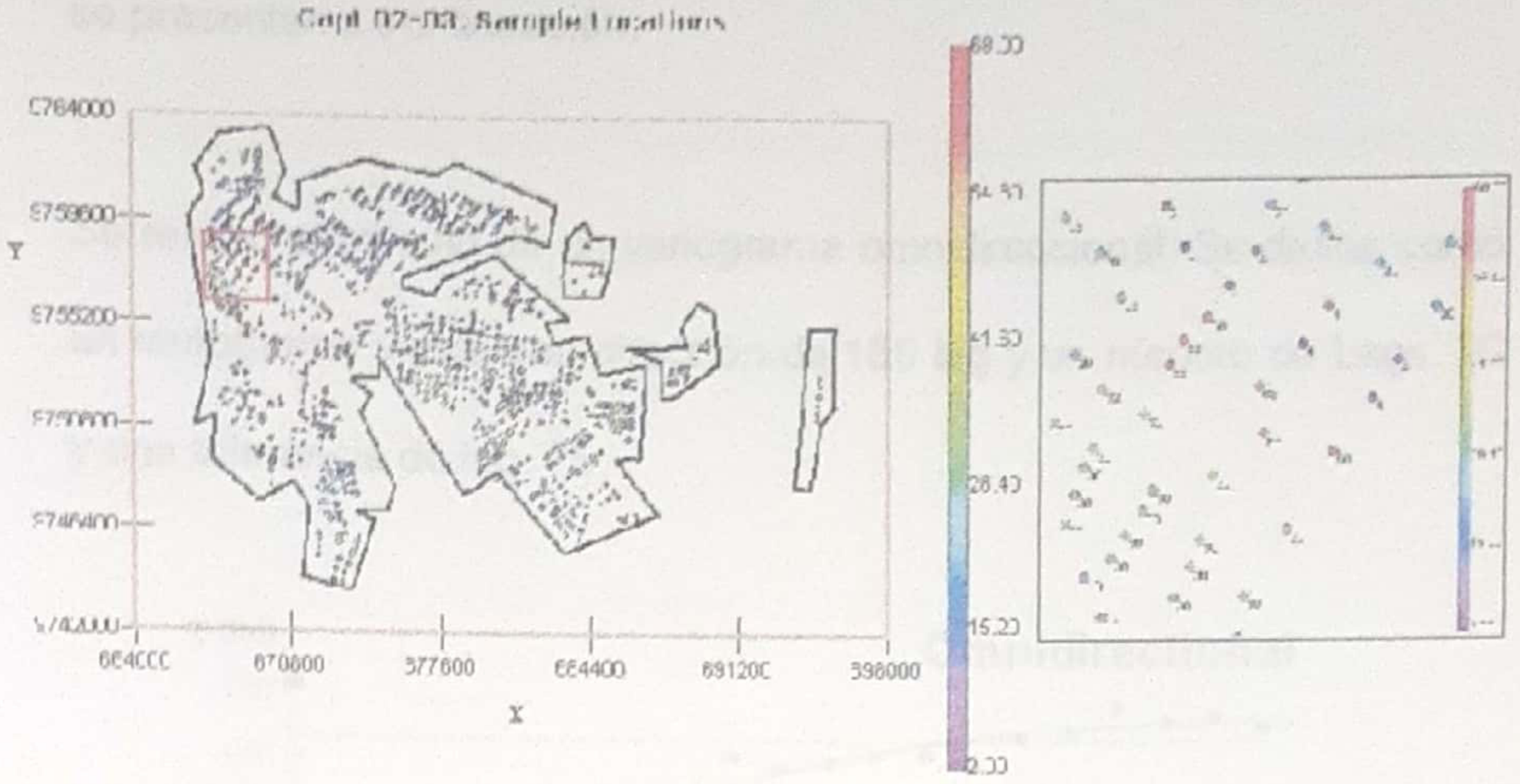


Figura 5.2 Ubicación de lotes. Capturas. 2002-2003

Aunque no se consideren todos los lotes del ingenio San Carlos, porque se estimó que no se realizaron evaluaciones, se observa que los lotes están dispersos en toda el área del Ingenio y que presenta observaciones de bajas capturas, excepto la zona noroeste donde se encontró el mayor numero de capturas, también podemos observar que en las zonas periféricas no presentan capturas, estimamos que no se realizaron evaluaciones en los lotes ubicados en la periferia de San Carlos. La barra nos indica que donde existe un punto rojo es donde se presento un cantero con lotes de altas capturas.

Con los datos de las capturas, se realizo en el Variowin 2.2 el semivariograma experimental y los variogramas omnidireccionales que se presentan a continuación.

Se realizo el cálculo de un variograma omnidireccional. Se define como un variograma válido con dirección de 150 lag y un número de Lags. 20 y una tolerancia de lag. 75.

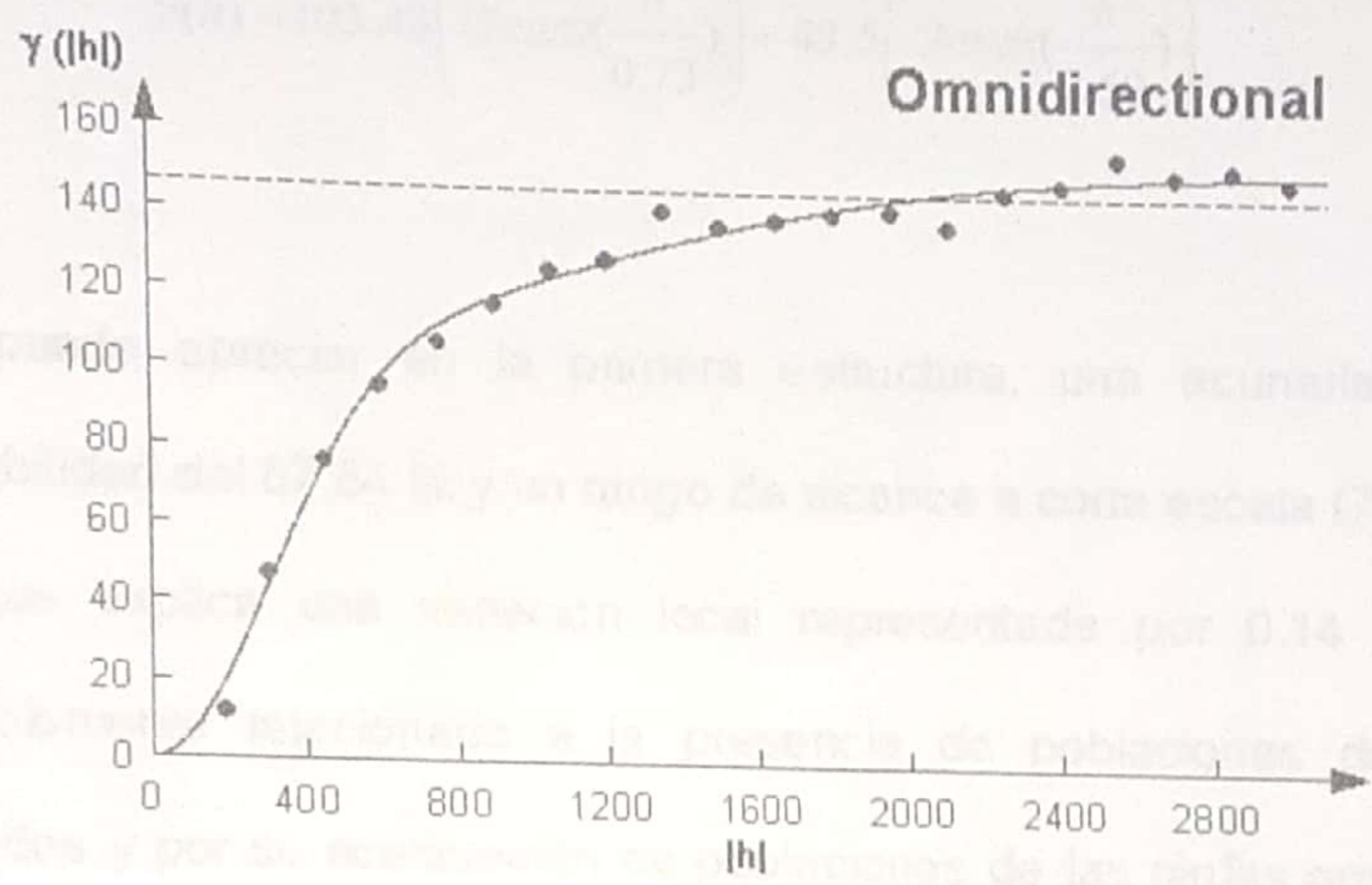


Figura 5.3 Semivariograma y Modelo Ajustado

Capturas. 2002-2003

Luego, se determina el comportamiento espacial que presenta cada una de las variables de interés, este comportamiento se lo figura por medio

de un ajuste a los modelos teóricos, que esta representada por la línea que pasa por los puntos.

El mejor modelo de ajuste es gaussiano – gaussiano y 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.

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

Se puede apreciar en la primera estructura, una acumulación de variabilidad del 67.64 % y un rango de alcance a corta escala (725.4 m), lo que explica una variación local representada por 0.14 Var/Km, posiblemente relacionada a la presencia de poblaciones de ninfas grandes y por su acentuación de poblaciones de las ninfas grandes en este periodo a diferencia con los adultos. La segunda estructura, se logra apreciar que tiene una acumulación de variabilidad del 32.35 % y rango de alcance de mayor escala (2500 m) con una variación regional representada por 0.019 Var/Km.

Luego de haber determinado el modelo, se elaboran los mapas de estimación, donde se muestra la densidad de plagas en los puntos del

área de estudio, se empleó el Kriging ordinario en celdas. Para este año el mapa de estimaciones se lo obtuvo usando vecindades con radio de 2.5 Km.

A continuación se presenta el mapa de estimación y el mapa de varianza del Ingenio Azucarero San Carlos.



Figura 5.4 Mapa de Estimaciones. Capturas 2002-2003

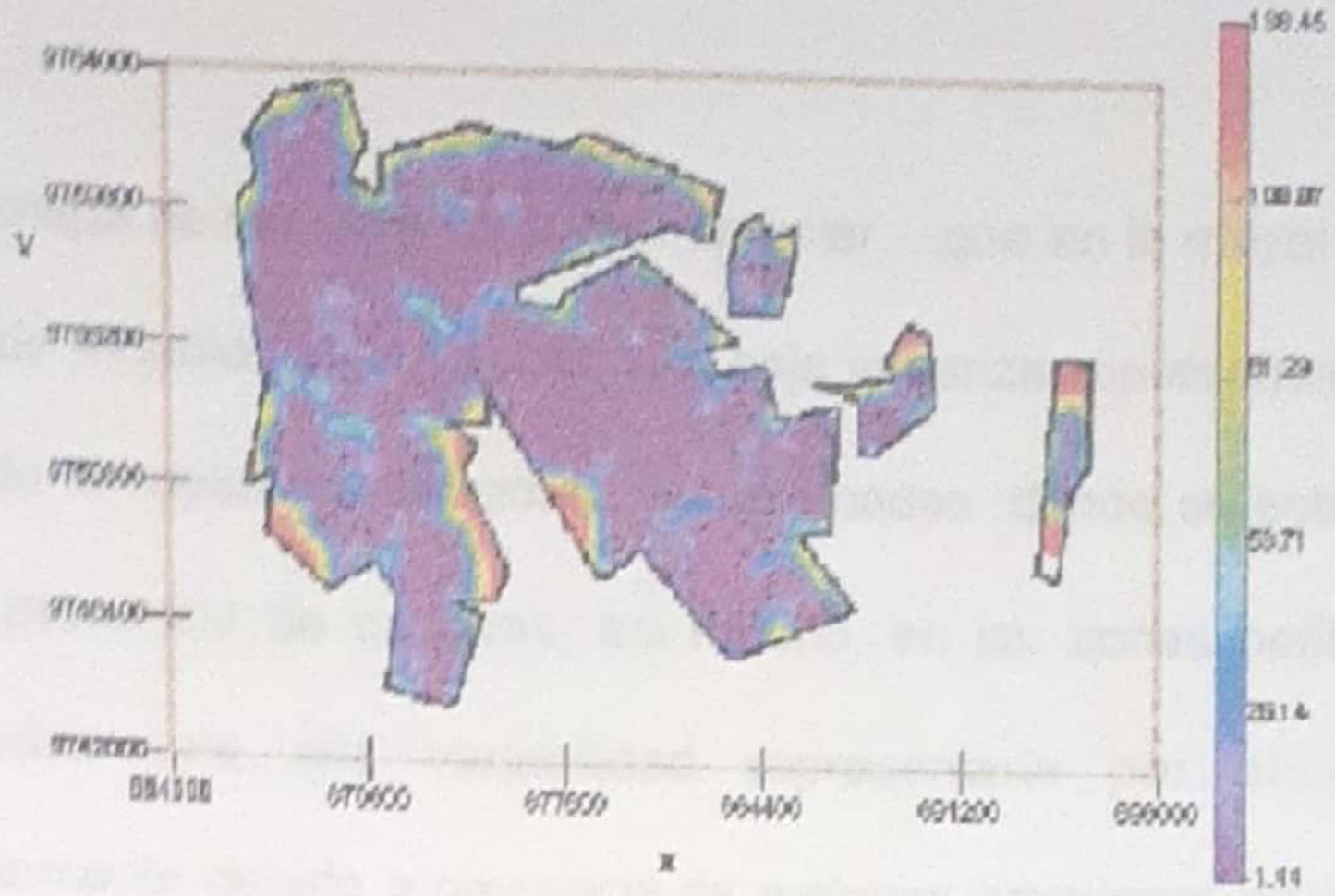


Figura 5.5 Mapa de Varianza. Capturas 2002-2003

Se presenta un mapa continuo, se puede observar la concentración de saltahojas en los lotes analizados de dicha área. Observamos también, 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 representadas por el color verde en la barra, también se puede observar, estimaciones que están representadas con valores negativos, estas zonas toman los colores celestes a un tono morado, lo cual indican zonas subestimadas con capturas moderadas, podríamos observar en

el mapa de varianza siguiente que, 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 representada en color 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 representada por el color 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 y mapa de varianza.

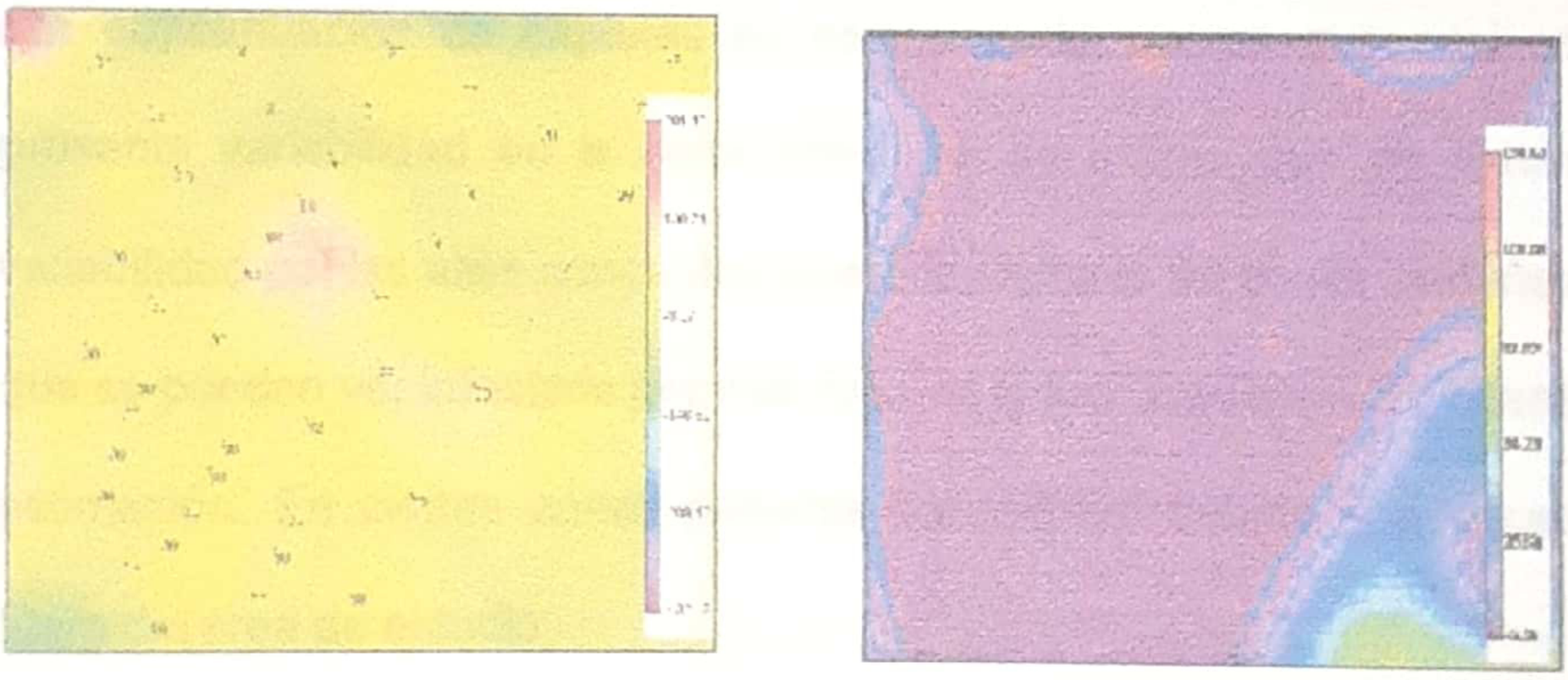


Figura 5.6 Acercamiento de las Zonas de altas Capturas. 2002-2003.

En la figura anterior, en el mapa de estimación, se puede observar el punto 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 de capturas en estos lotes del cantero 039536, ubicadas en la zona Noroeste en el Ingenio San Carlos parece afectar directamente a los lotes aledaños a este. Esta concentración se ve reflejada en la zona que presenta un color amarillo a pesar de la distancia entre la zona infestada y las zonas aledañas a esta.

En la misma zona se realizo un acercamiento en el 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 casi no presenta variabilidad en la zona infestada, se estima que no existe variabilidad por las altas concentraciones de capturas en zonas aledañas que se pueden ver infestada por este foco, este foco presenta una buena estimación. En ciertas zonas presenta variabilidad debido a que cae fuera del área de estudio.

A diferencia, siendo esta una zona infestada con 68 capturas, se estima que no presenta variabilidad, en cambio, a continuación se presenta una

zona donde existen pocas incidencias de capturas, indican que existe cierta variabilidad en la zona.

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

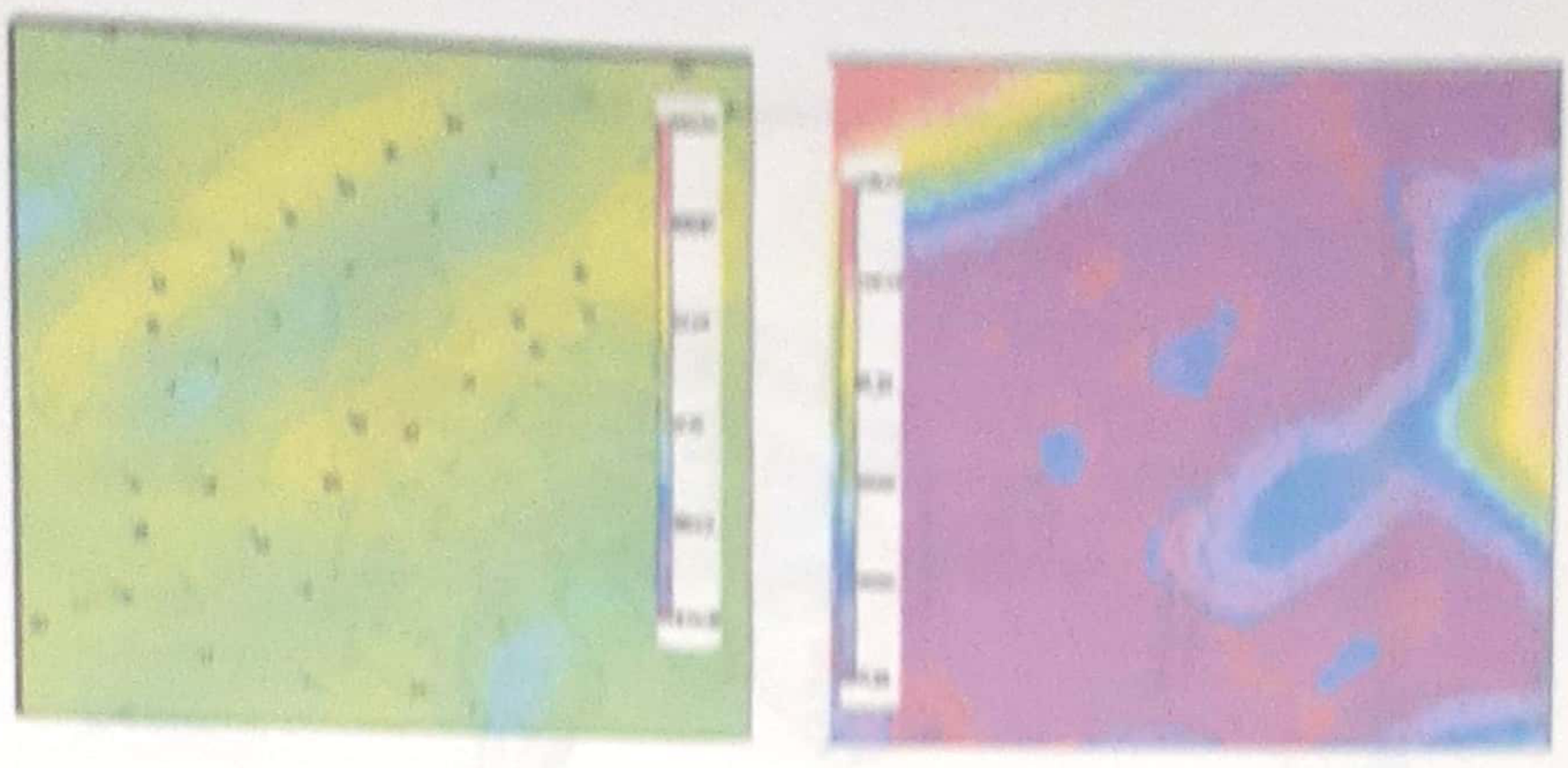


Figura 5.7 Acercamiento de la zona de menor Captura. 2002-2003

En cambio, se presenta que es esta zona con menos capturas, si presenta cierta variabilidad, tomándose el área menos morada lo que representa capturas suaves, en los lotes 092602-092607 del cantero 099526 y en los lotes 092901-092908 del cantero 099029.

5.2.2 Análisis Intensidad 2002-2003

Para realizar el análisis geoestadístico, fue necesario representar en el mapa del Ingenio y la ubicación geográfica de los lotes. A continuación se presenta el mapa de posicionamiento de los lotes, donde se puede observar como se distribuyen los lotes en el área de estudio.

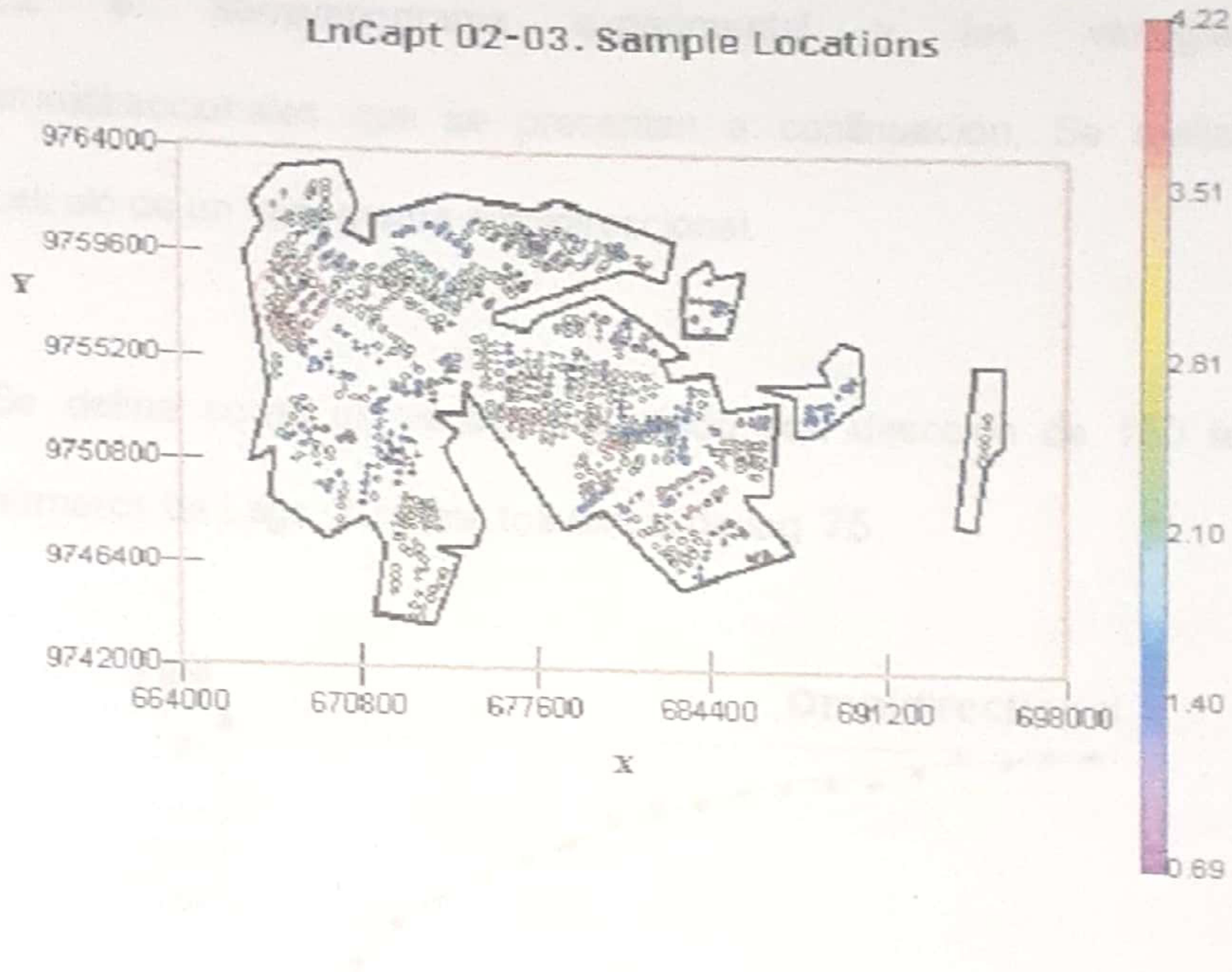


Figura 5.8 Ubicación de lotes. Intensidad. 2002-2003

Aunque no se consideren todos los lotes del ingenio San Carlos, porque se estimo que no se realizaron evaluaciones, se observa que los lotes están dispersos en toda el área del Ingenio y que presenta a diferencia con el mapa capturas, algunas zonas con altas intensidad de

capturas, causa que se debe al tratamientos de los datos explicado anteriormente. La barra nos indica que donde existe un punto rojo es donde se presento un cantero con lotes de altas intensidades de capturas.

Con los datos de las intensidades de capturas, se realizo en el Variowin 2.2 el semivariograma experimental y los variogramas omnidireccionales que se presentan a continuación. Se realizo el calculó de un variograma omnidireccional.

Se define como un variograma válido con dirección de 150 lag y números de Lags. 20 y una tolerancia de lag. 75.

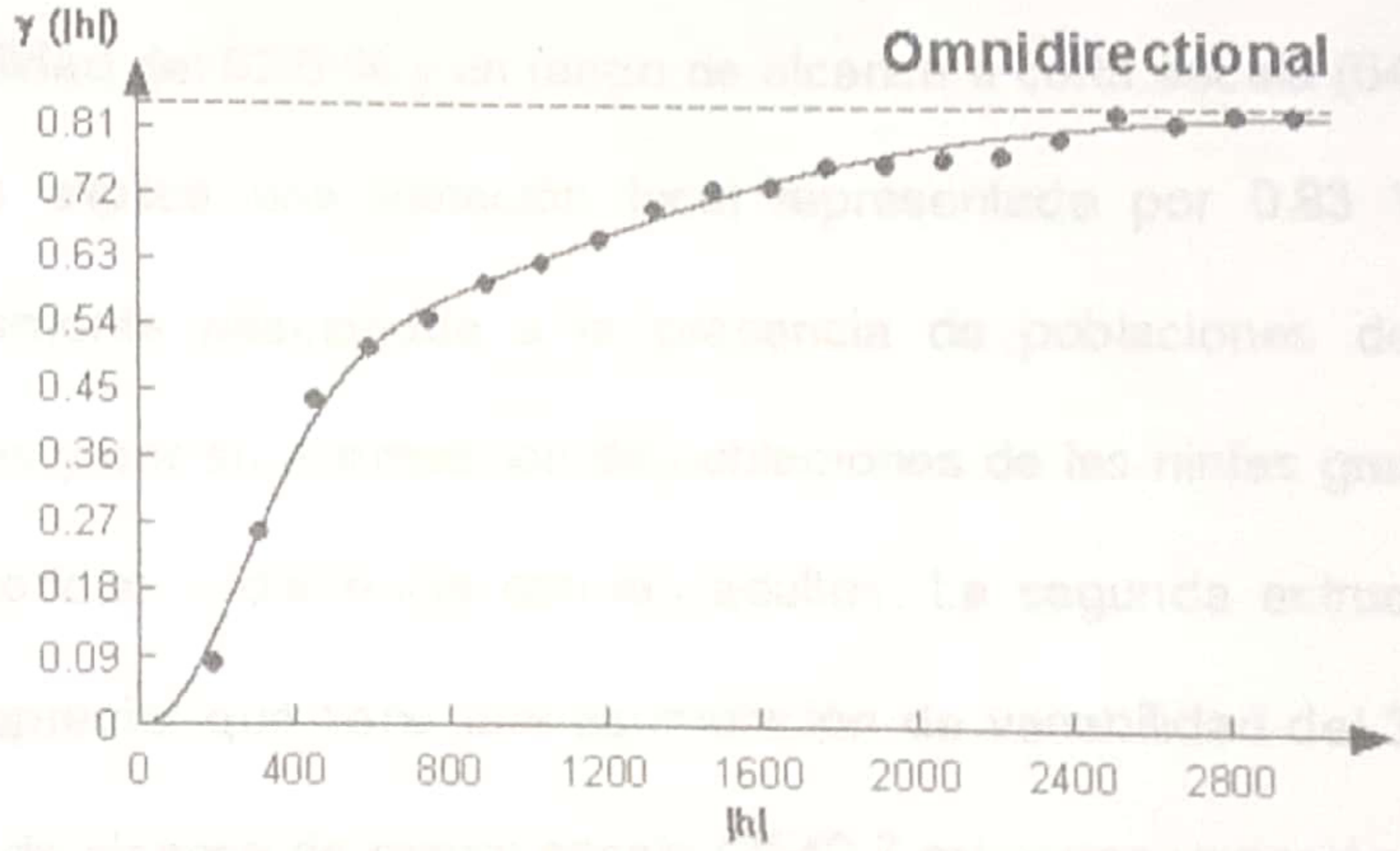


Figura 5.9 Semivariograma y Modelo Ajustado Intensidad. 2002-2003

Luego, se determina el comportamiento espacial que presenta cada una de las variables de interés, este comportamiento se lo figura por medio de un ajuste a los modelos teóricos, que esta representada por la línea que pasa por los puntos.

El mejor modelo de ajuste es 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.

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

Se puede apreciar en la primera estructura, una acumulación de variabilidad del 62.5 % y un rango de alcance a corta escala (643.5 m), lo que explica una variación local representada por 0.83 Var/Km, posiblemente relacionada a la presencia de poblaciones de ninfas grandes y por su acentuación de poblaciones de las ninfas grandes en este periodo a diferencia con los adultos. La segunda estructura, se logra apreciar que tiene una acumulación de variabilidad del 37.5 % y rango de alcance de mayor escala (2542.7 m) y una variación regional representada por 0.13 Var/Km.

Luego de haber determinado el modelo, se elaboran los mapas de estimación, donde se muestre la intensidad de plagas en los puntos del área de estudio, se empleo el Kriging ordinario en celdas. Para este año el mapa de estimaciones se lo obtuvo usando vecindades con radio de 2.5 Km.

A continuación se presenta el mapa de estimación y el mapa de varianza del Ingenio Azucarero San Carlos.

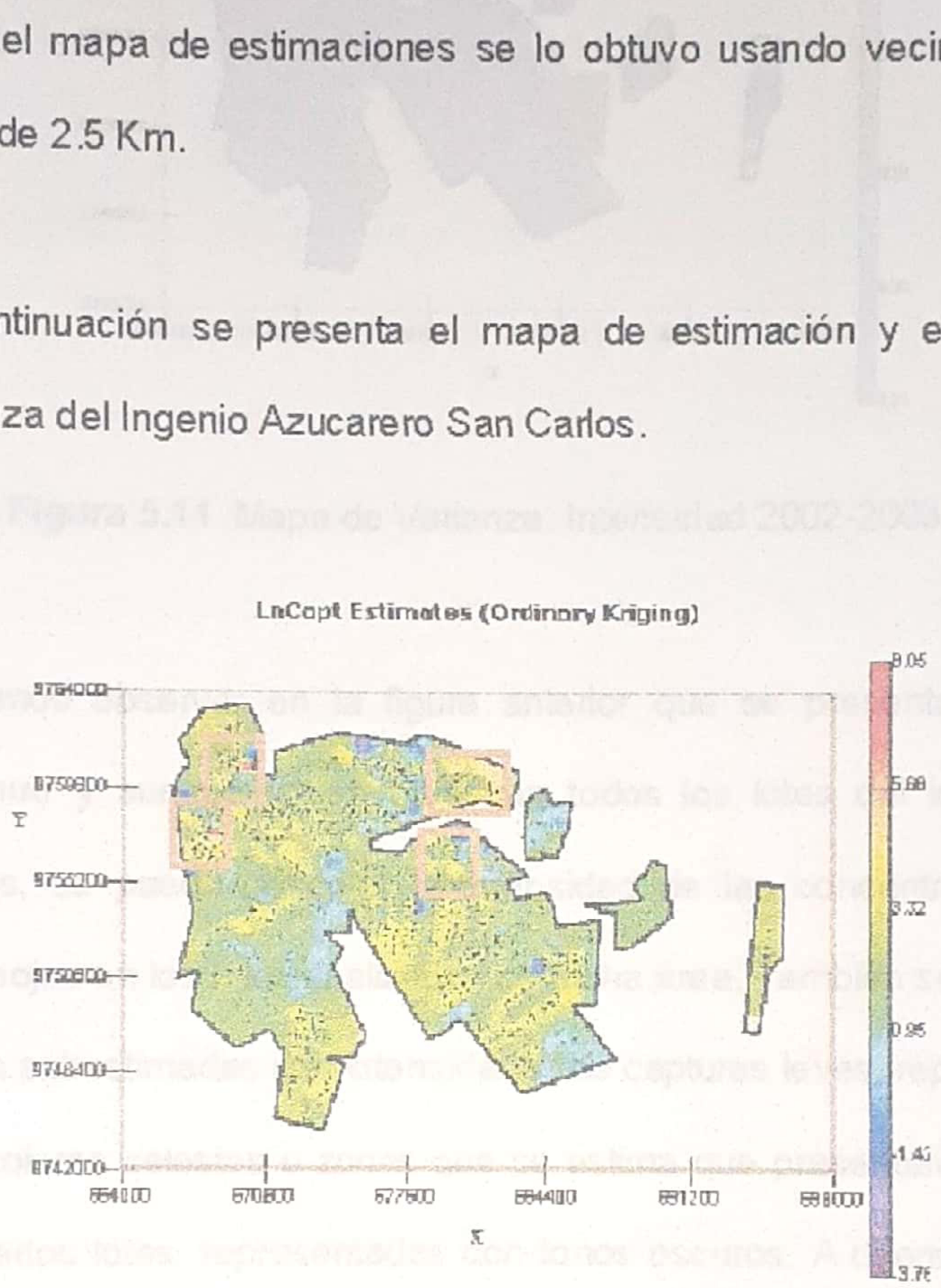


Figura 5.10 Mapa de Estimaciones. Intensidad. 2002-2003

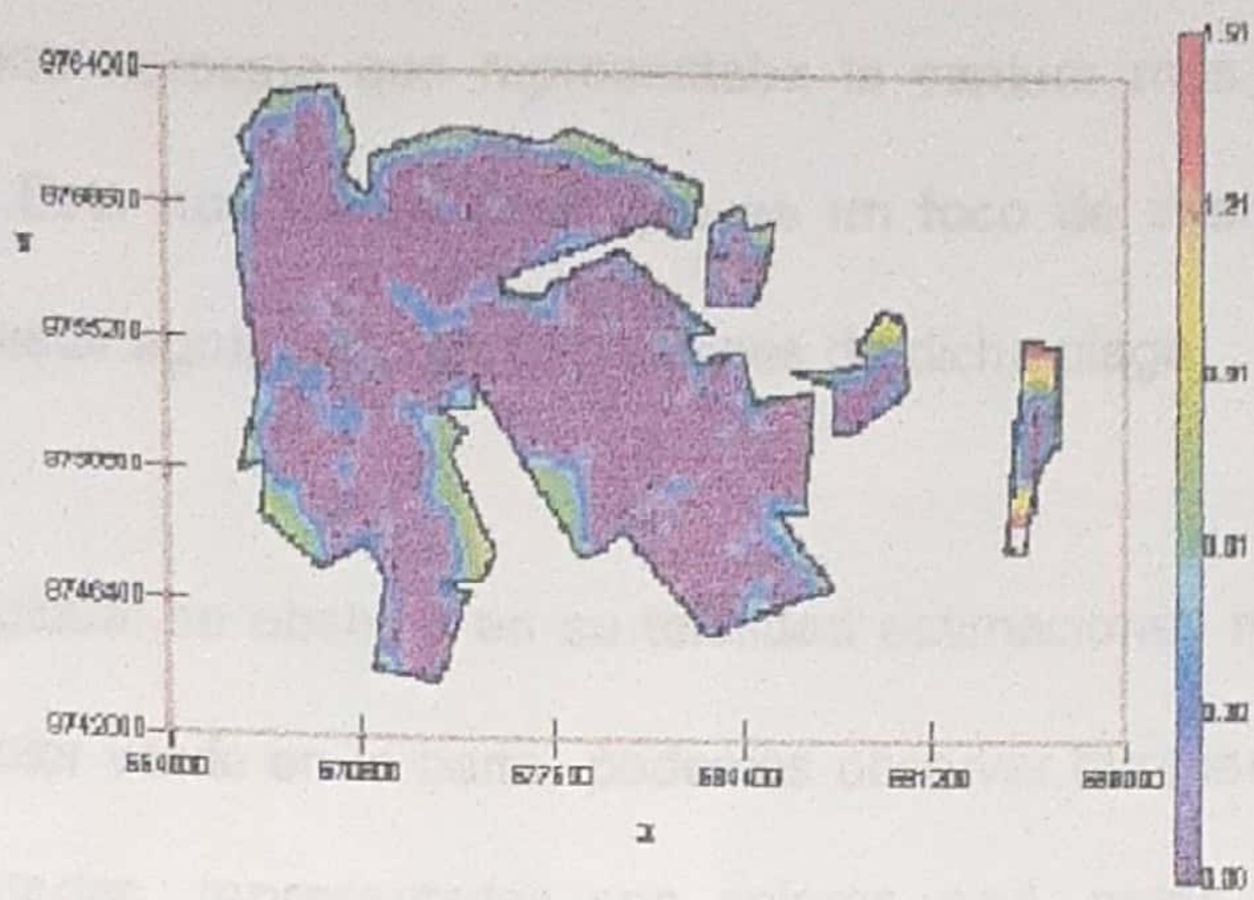


Figura 5.11 Mapa de Varianza. Intensidad 2002-2003

Podemos observar en la figura anterior que se presenta un mapa continuo y aunque no se *muestran* todos los lotes del ingenio San Carlos, se puede observar la intensidad de las concentraciones de saltahojas en los lotes analizados de dicha área. También se presentan zonas subestimadas con intensidades de capturas leves, representadas con colores celestes o zonas que se estima que presentaron capturas en ciertos lotes, representadas con tonos oscuros. A diferencia con el mapa de estimaciones de las capturas, encontramos más focos de alta y mediana intensidad de capturas.

Observamos que, en la zona noroeste y en la zona noreste del mapa de San Carlos se encuentran ubicados los focos de intensidad, igual

que en el mapa de estimación de capturas se presenta el mismo foco en la zona noroeste que representaba la captura más alta de este periodo. Esto nos quiere decir que es un foco de interés donde se podrían estar agrupando las poblaciones de dicha plaga.

A nivel global se observa en su totalidad estimaciones representadas por el color verde en la barra, podemos observar también, más zonas subestimadas, representadas con colores azul, estas estimaciones están representadas con valores negativos, lo cual indican zonas subestimadas, podríamos observar en el mapa de varianza siguiente que, 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 representada en color morado exceptuando las zonas periféricas que muestran cierta variabilidad representada en color verde y a diferencia del mapa de varianza de la variable Capt., podemos 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.

A continuación se presenta un acercamiento de las zonas de mayor intensidad de capturas en el mapa de estimación y del mapa de varianza.

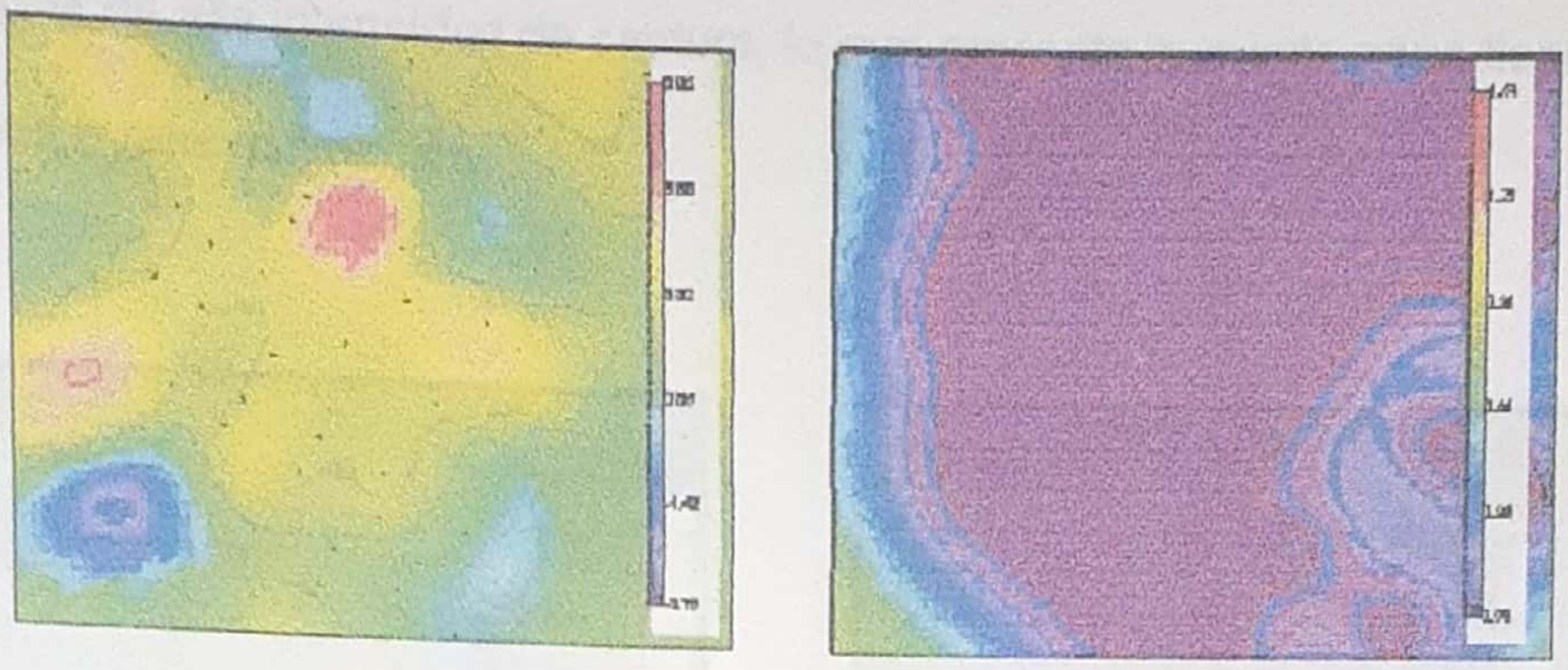


Figura 5.12 Acercamiento de las Zonas de altas Intensidades. 2002-2003.

De las figuras presentadas anteriormente se puede observar que, se presenta un foco de alta intensidad ubicado en la zona noroeste de la zona de estudio, este mismo foco se presento en el análisis realizado con los datos de las Capturas.

En el mapa de estimación de este acercamiento observamos que la zona de alta intensidad de capturas, afecta a sus vecinos mas cercanos, posiblemente a su corto rango de acción, también

observamos que existe una zona subestimada, posiblemente, porque no presento 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.

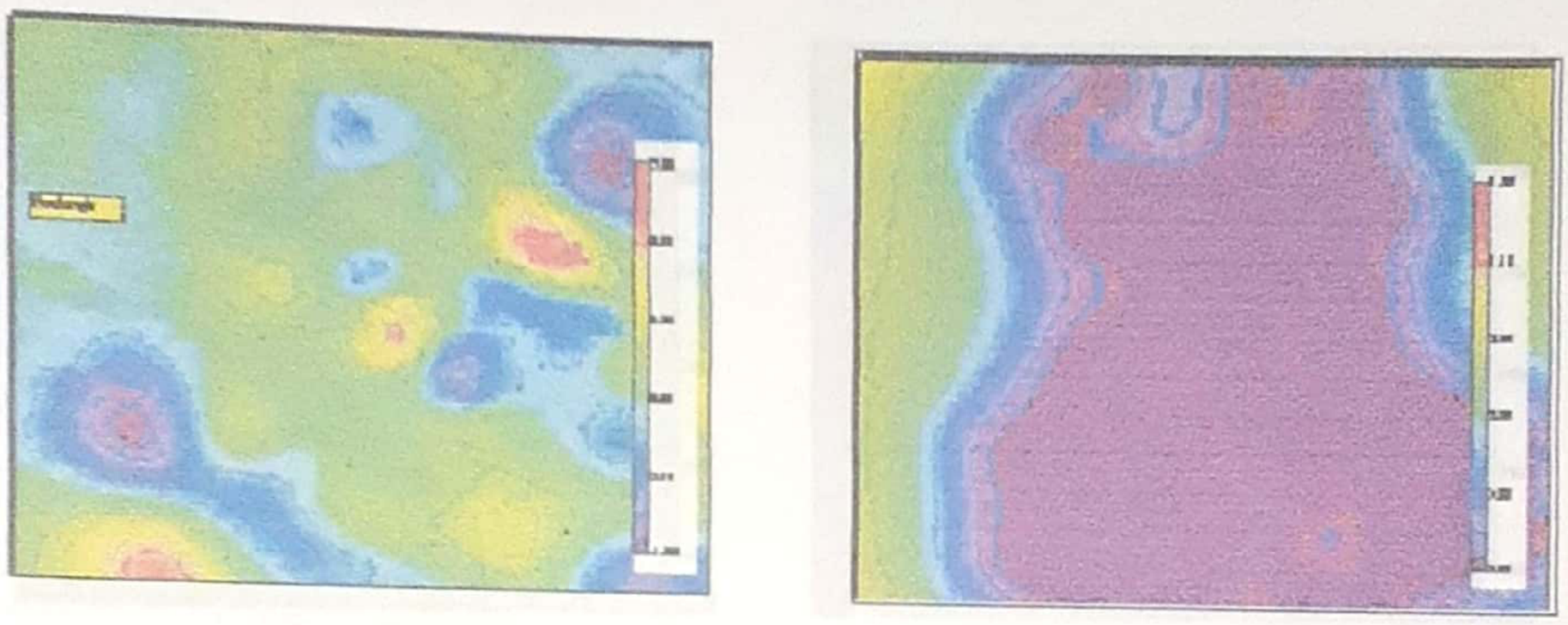


Figura 5.13 Acercamiento de las Zonas de altas Intensidades. 2002-2003.

En estas figuras de acercamiento, se presento en el mapa de estimación, un nuevo foco en este análisis con la variable de intensidad de capturas 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.

En el mapa de varianza, se observa que no existe variabilidad en la zona donde se presenta el foco de intensidad de captura, observamos cierta variabilidad en zonas donde la intensidad de capturas es leve representado con un color 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.

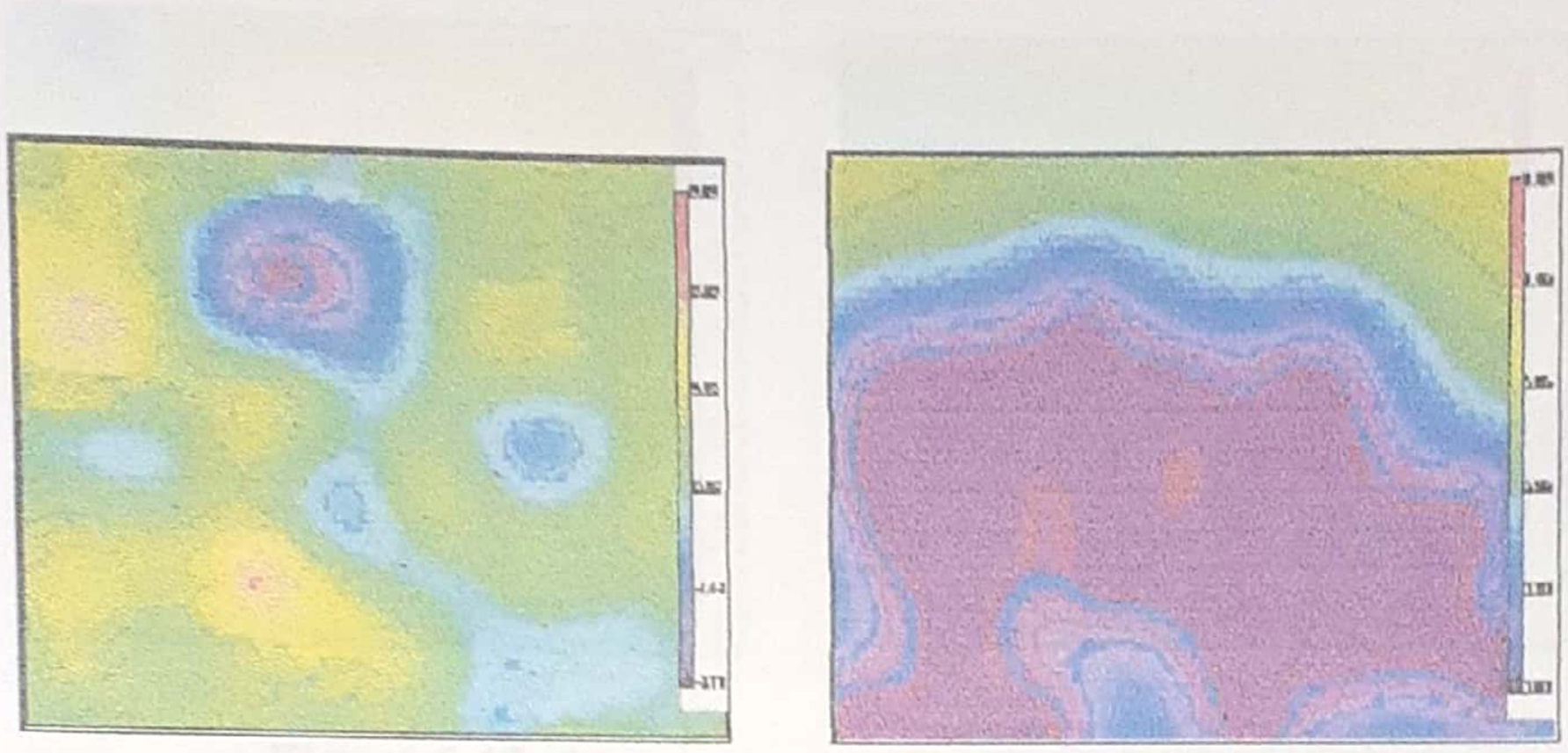


Figura 5.14 Acercamiento de las Zonas de altas Intensidades. 2002-2003.

En estas figuras de acercamiento, se presento en el mapa de estimación, un nuevo foco de mediana intensidad de capturas ubicado en la zona periférica Este, lo que se determina que, dicho foco no afecta las estimaciones en las zonas cercanas. También podemos observar, que existen zonas subestimadas, que presentan cierta variabilidad.

En el mapa de varianza, se observa que existe cierta variabilidad en la zona donde se presentan los focos de baja intensidad de capturas, observamos también, cierta variabilidad en zonas donde la intensidad de capturas se muestra levemente un color celeste, lo que presenta que esta zona tiene una buena estimación.

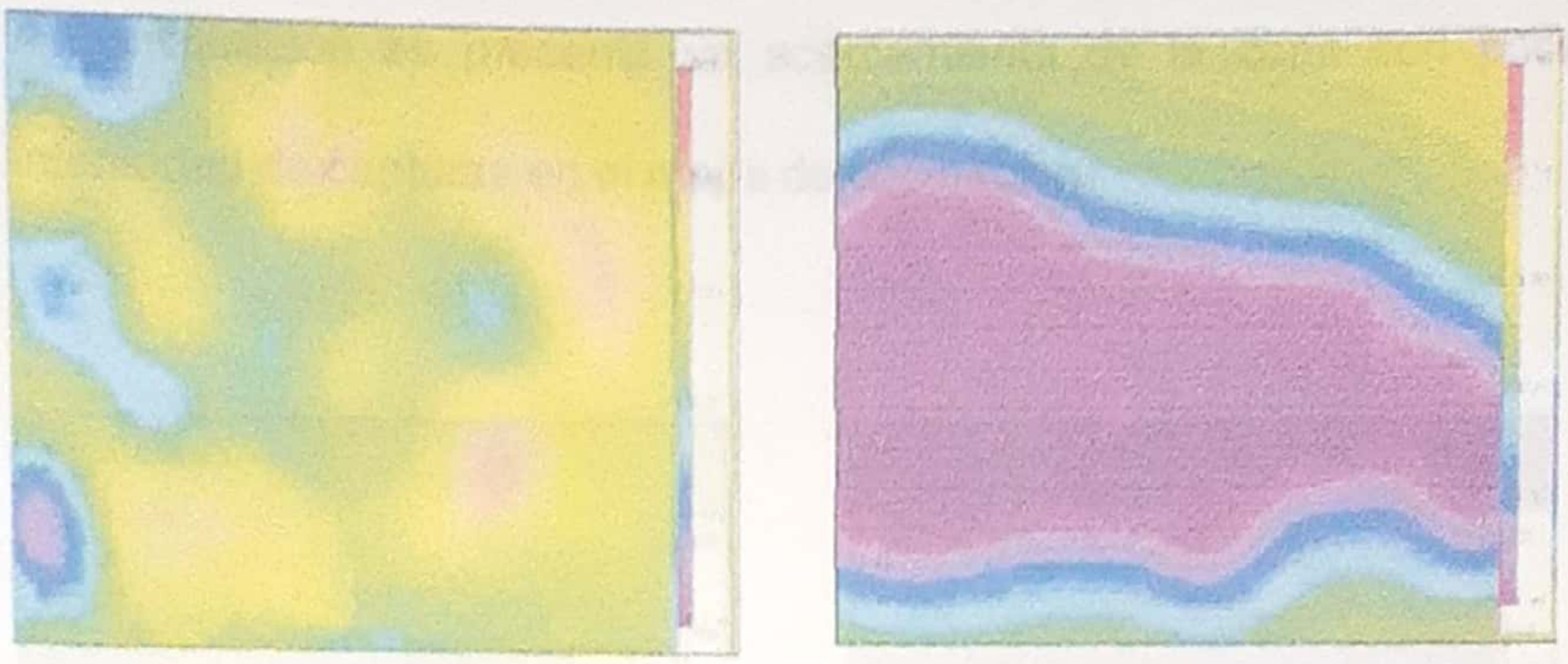


Figura 5.15 Acercamiento de las Zonas de altas Intensidades. 2002-2003.

En estas figuras, en el mapa de estimación se presentan focos de mediana intensidad que se encuentra ubicado en la periferia noreste de la zona de estudio. En el mapa de varianza, se observa que no existe variabilidad en las zonas de mediana intensidad de capturas, lo que presenta que esta zona tiene una buena estimación.

A diferencia, siendo estas zonas de alta y mediana intensidad de capturas, se estima que no presenta variabilidad, existe variabilidad en ciertas zonas debido a que cae fuera del área de estudio, en cambio, a continuación se presenta una zona que presenta pocas intensidad de capturas, indicando que existe cierta variabilidad en la zona estimada.

A continuación se presenta un acercamiento de la zona con poca intensidad de capturas en el mapa de estimación.

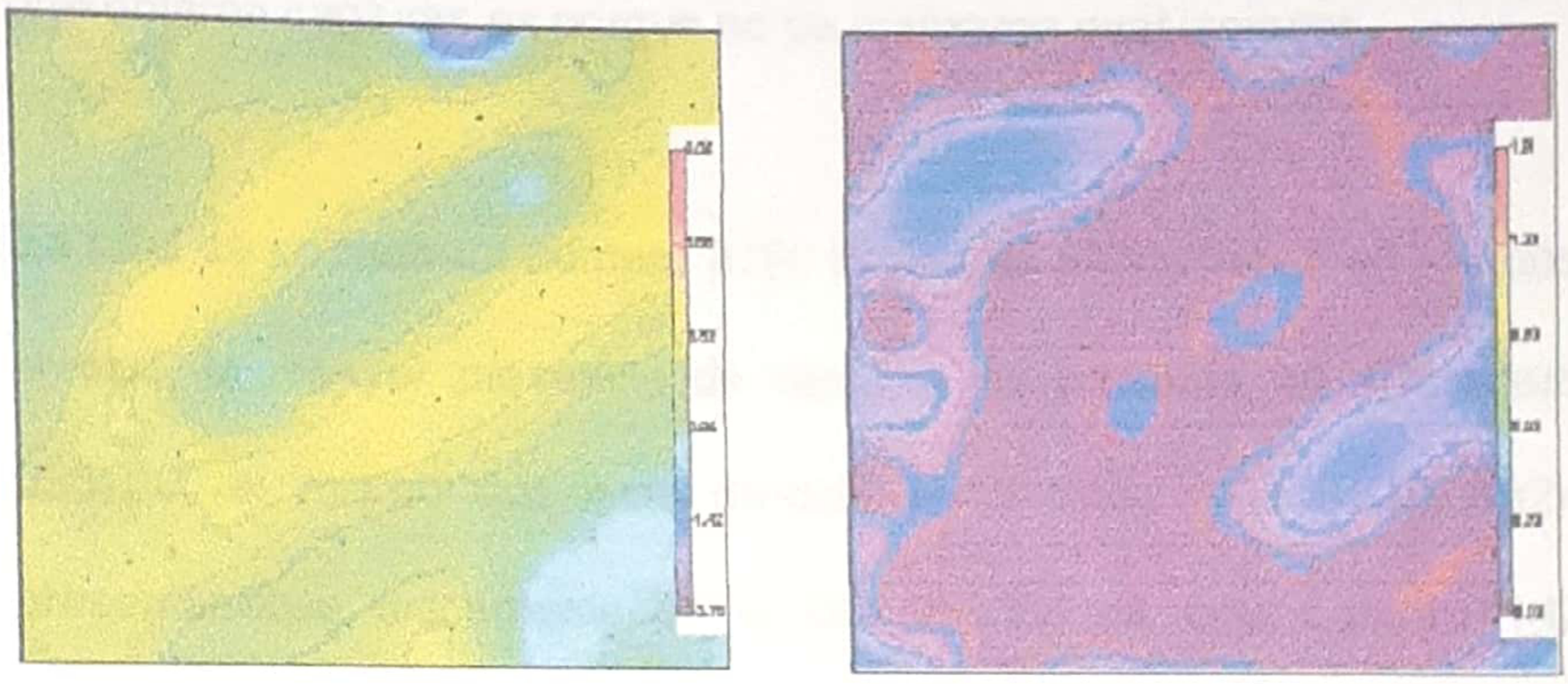


Figura 5.16 Acercamiento de la zona de menor Intensidad. 2002-2003

En cambio, se presenta que es esta zona con menos intensidad de capturas, tomándose el área menos morada, por lo cual se estima que existe cierta variabilidad espacial en los mismos lotes 092602-092607

del cantero 099526 y en los lotes 092901-092908 del cantero 099929 que se presentaron en el análisis anterior con la variable Capturas.

5.3 Análisis Geoestadístico: Periodo 2003-2004

En el periodo 2003-2004, se realizaron 320 evaluaciones, de las cuales se presentaron observaciones de la plaga en 311 canteros, dichos canteros representan en un total 1065 lotes de los 1309 que existen en el ingenio azucarero; se estima que en los lotes donde no se presentaron capturas es porque no se realizaron evaluaciones.

En total se capturo un numero 8190 brotes de perkinsiellas en los dos niveles, la mayor presencia de capturas se presentó en el cantero 050100, el mismo que esta dividido en 5 lotes (050001-050002), presentándose únicamente en el lote 050006 de este cantero 162 insectos, que representa el mayor numero de capturas en este periodo y asi mismo en todo el estudio; dicho lote se encuentra ubicada en la zona periférica Sur de la zona azucarera San Carlos.

Los resultados del análisis estadístico de las variables estudiadas se pueden presentar en un cuadro (Cuadro 5.2), donde se puede apreciarse que la variable Captura presenta mayor variación, expresada

por el Coeficiente de variación. Por otra parte, el rango de valor mas amplio de observa en la variable Captura.

A continuación se presenta un cuadro con los parámetros más importantes de la muestra.

TABLA III

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS VARIABLES DE INTERÉS

PERIODO 2003-2004

Analyte	Capt	LnCapt
N	1065	1065
Mean	7.690	1.691
Median	6	1.792
Moda	2	0.693
Variance	94.336	0.651
Standard Deviation	9.713	0.807
Skewness	16932.9	0.911
Coefficient of Variance (%)	1.263	0.480
Range	160	4.395
Kurtosis	107.346	-0.309
Minimum Detect	2	0.693
Maximum Detect	162	5.088

Se puede observar que la intensidad de datos esta mucho mejor comparado con los datos de las capturas, ya que, pudiéndose notar en los parámetros estadísticos básicos como el coeficiente de variación, la

varianza muestral, el sesgo es mucho mejor, asi como también la curtosis.

5.3.1 Análisis Capturas 2003-2004

Para realizar el análisis geoestadístico, fue necesario representar en el mapa del Ingenio y la ubicación geográfica de los lotes. A continuación se presenta el mapa de posicionamiento de los lotes y una zona de ampliación donde se registraron mayor numero de capturas.

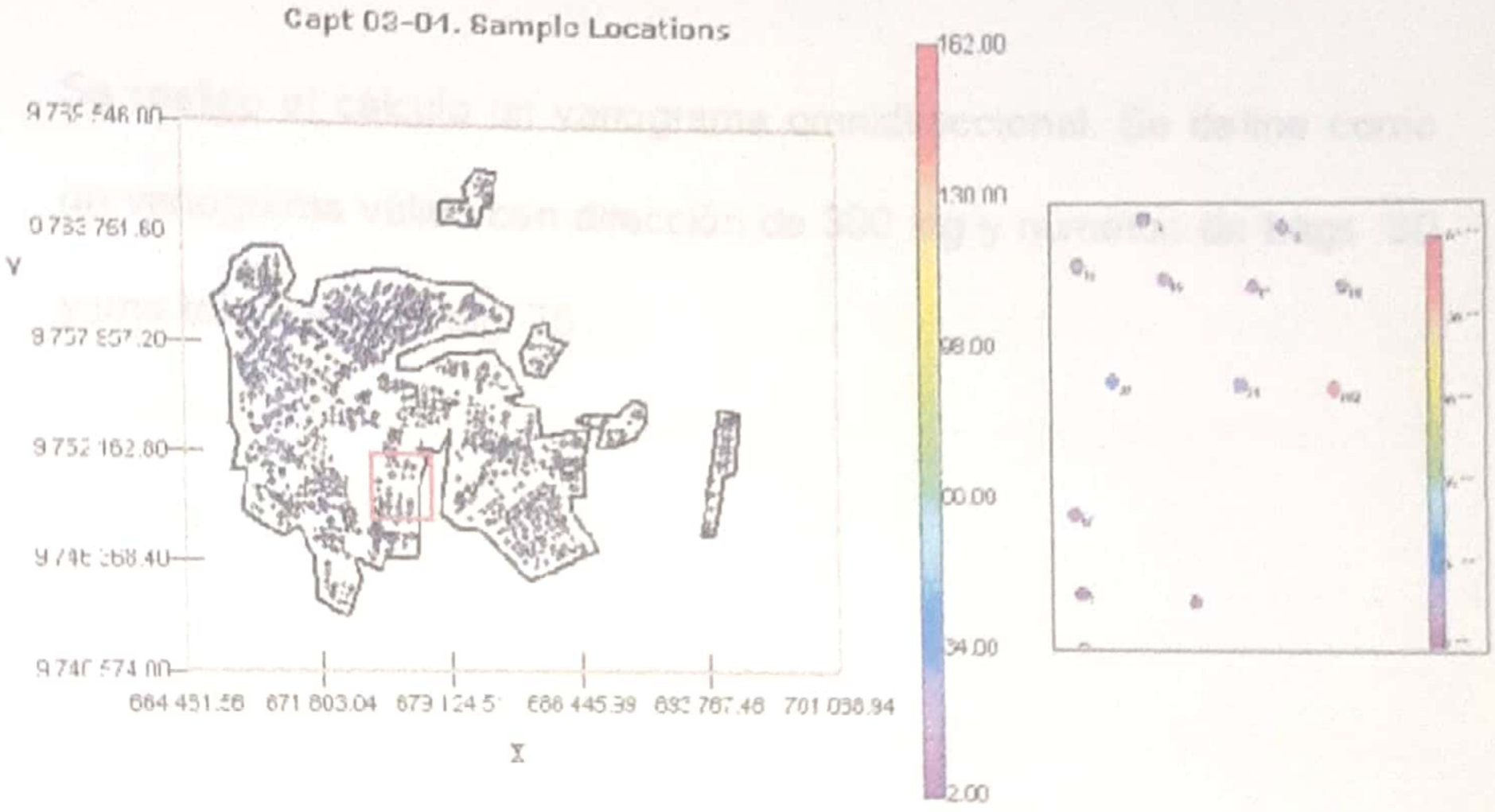


Figura 5.17 Ubicación de lotes Capturas. 2003-2004

Aunque no se consideren todos los lotes del ingenio San Carlos, porque se estima que no se realizaron evaluaciones en ciertos lotes

del Ingenio San Carlos, se observa que dichos lotes están dispersos en toda el área del Ingenio. Observamos que se presento la mayor captura en una zona diferente que a la del periodo 2002-2003. La barra nos indica que donde existe un punto rojo es donde se presento un cantero con lotes de altas capturas.

Con los datos de las capturas, se realizo en el Variowin 2.2 el semivariograma experimental y los variogramas omnidireccionales que se presentan a continuación

Se realizo el cálculo un variograma omnidireccional. Se define como un variograma válido con dirección de 300 lag y números de Lags. 30 y una tolerancia de lag. 75.

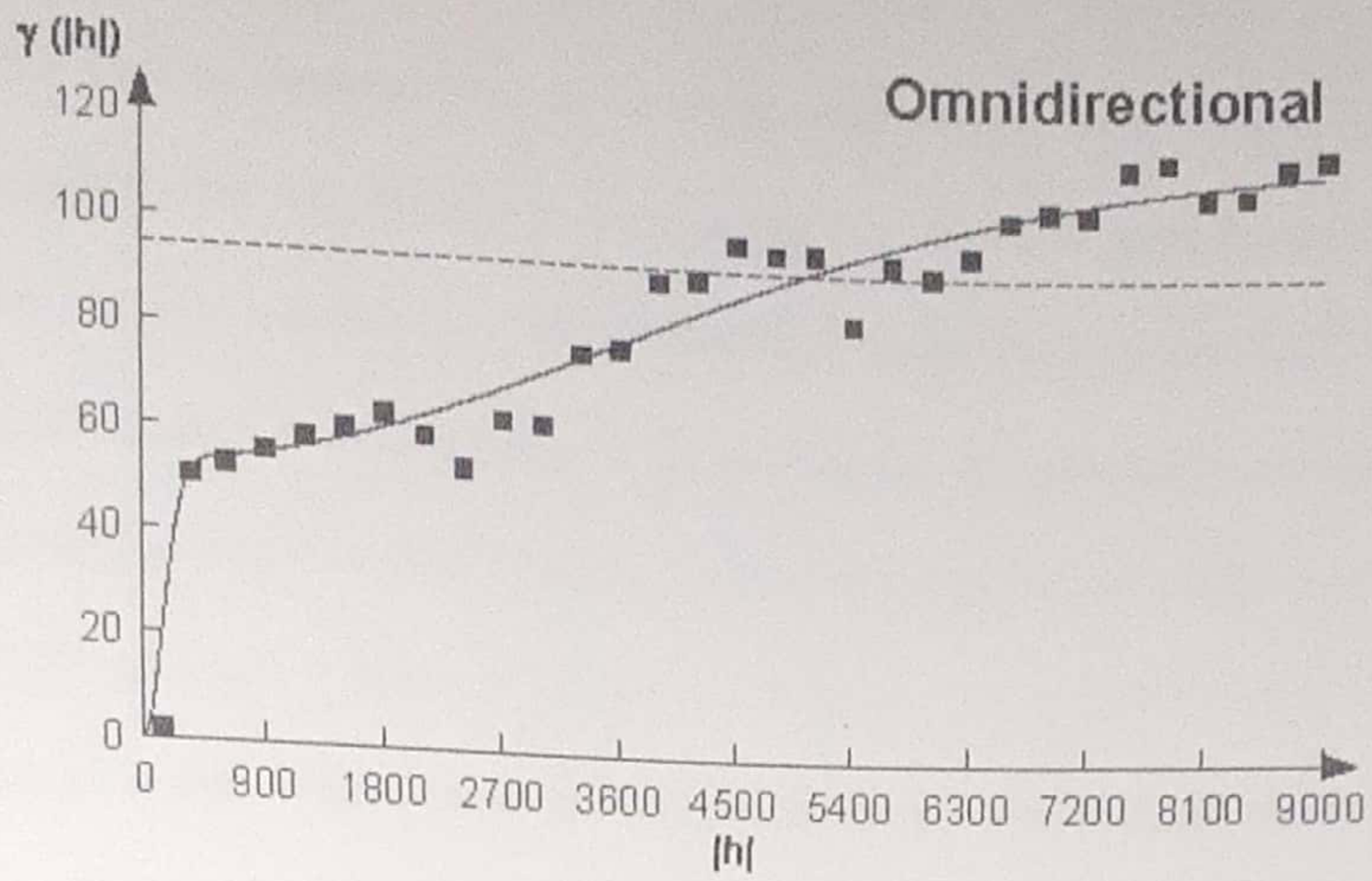


Figura 5.18 Semivariograma y Modelo Ajustado

Capturas. 2003-2004

Luego, se determina el comportamiento espacial que presenta cada una de las variables de interés, este comportamiento se lo figura por medio de un ajuste a los modelos teóricos, que esta representada por la línea que pasa por los puntos.

El mejor modelo de ajuste es gaussiano – gaussiano y 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.

$$\gamma(h) = 53.19\left(Gauss(\frac{h}{360})\right) + 63.64\left(Gauss(\frac{h}{8550})\right)$$

Se puede apreciar en la primera estructura, una acumulación de variabilidad del 45.52 % y un rango de alcance a corta escala (360 m), lo que explica una variación local representada por 0.15 Var/Km, posiblemente relacionada a la presencia de poblaciones de ninfas grandes y por su acentuación de poblaciones de las ninfas grandes en este periodo a diferencia con los adultos. La segunda estructura, se logra apreciar que tiene una acumulación de variabilidad del 54.47 % y un rango de alcance mayor escala (8550 m) con una variación micro local representada por 0.007 Var/Km.

Luego de haber determinado el modelo, se elaboran los mapas, donde se muestre la densidad de plagas en los puntos del área de estudio, se empleo el kriging ordinario en celdas. Para este año el mapa de estimaciones se lo obtuvo usando vecindades con radio de 8.5 Km.

A continuación se presenta el mapa de estimación y el mapa de varianza del Ingenio Azucarero San Carlos.

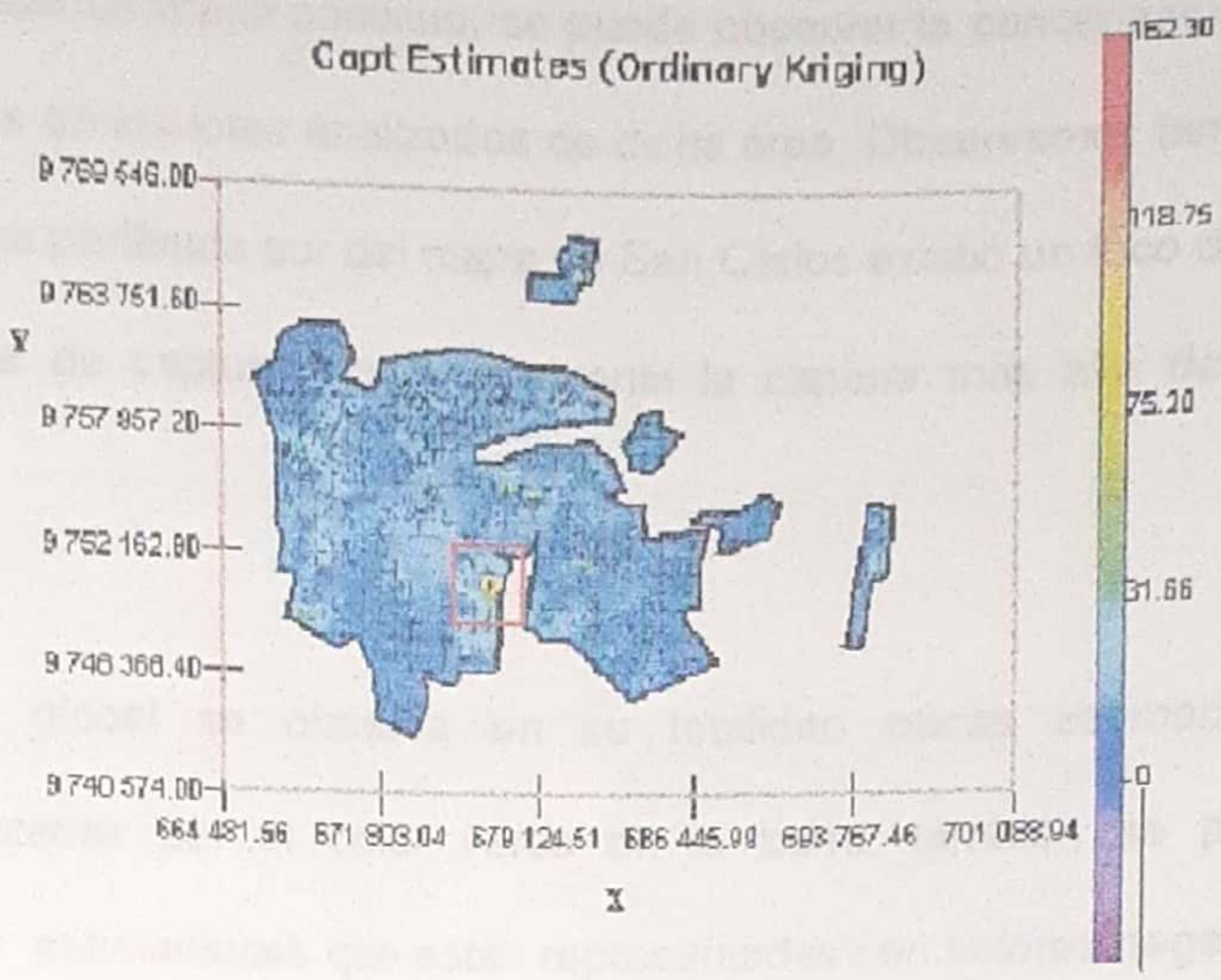


Figura 5.19 Mapa de Estimaciones Capturas. 2003-2004

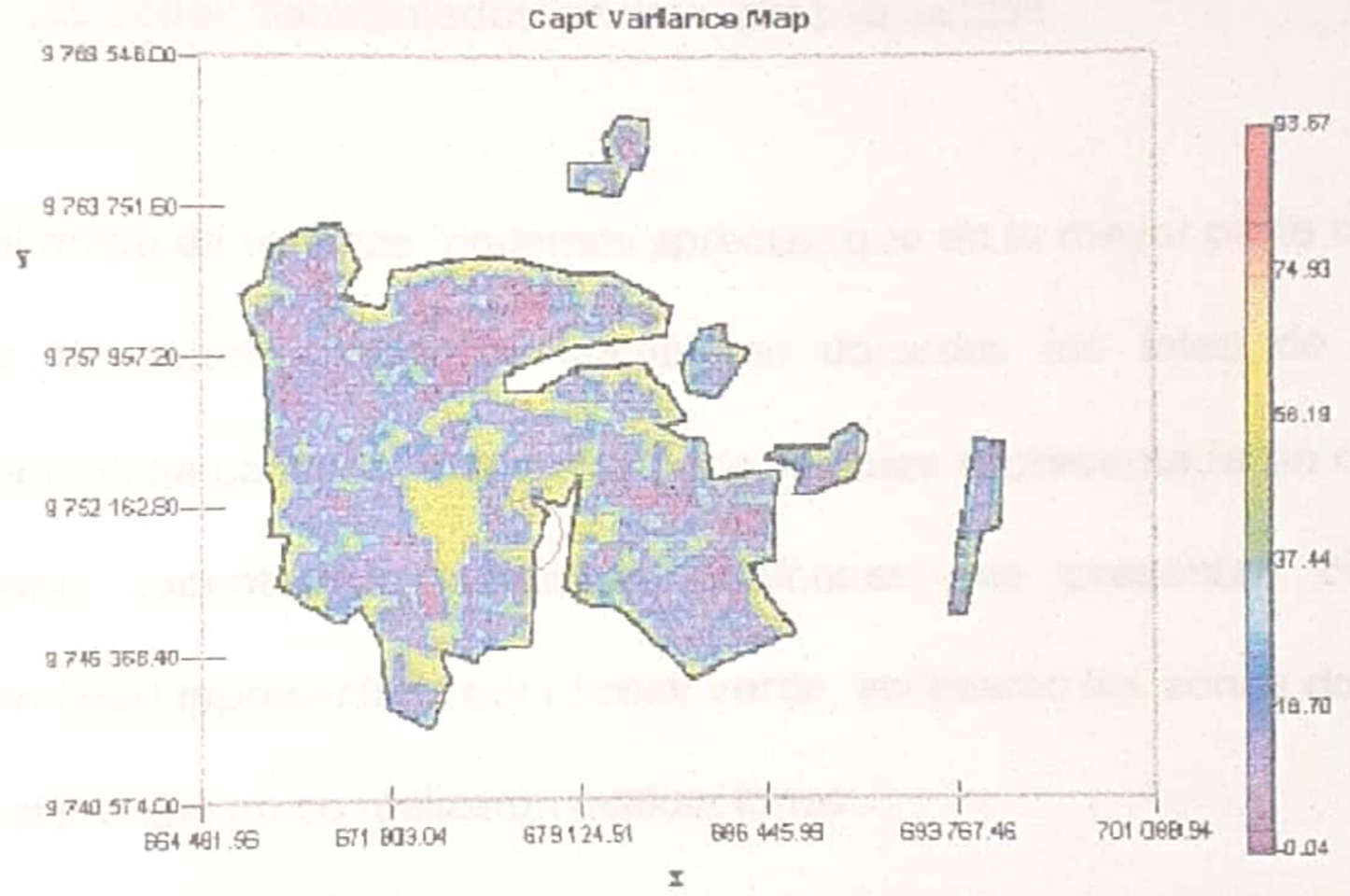


Figura 5.20 Mapa de Varianza Capturas 2003-2004

Se presenta un mapa continuo, se puede observar la concentración de saltahojas en los lotes analizados de dicha área. Observamos también, 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 representadas por el color verde en la barra, también se puede observar, estimaciones que están representadas con valores negativos, estas zonas toman los colores celestes, lo cual indican zonas subestimadas, podríamos observar en el mapa de varianza siguiente que, las zonas subestimadas tendrán altas varianzas.

En el mapa de varianza podemos apreciar, que en la mayor parte de la zona de estudio donde se encuentran ubicados los lotes de alta incidencia de capturas, que existe poca varianza representada en color morado; exceptuando las zonas periféricas que presentan cierta variabilidad representada por el color verde, asi mismo las zonas donde se estimo que no se realizaron evaluaciones.

Posiblemente, 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.

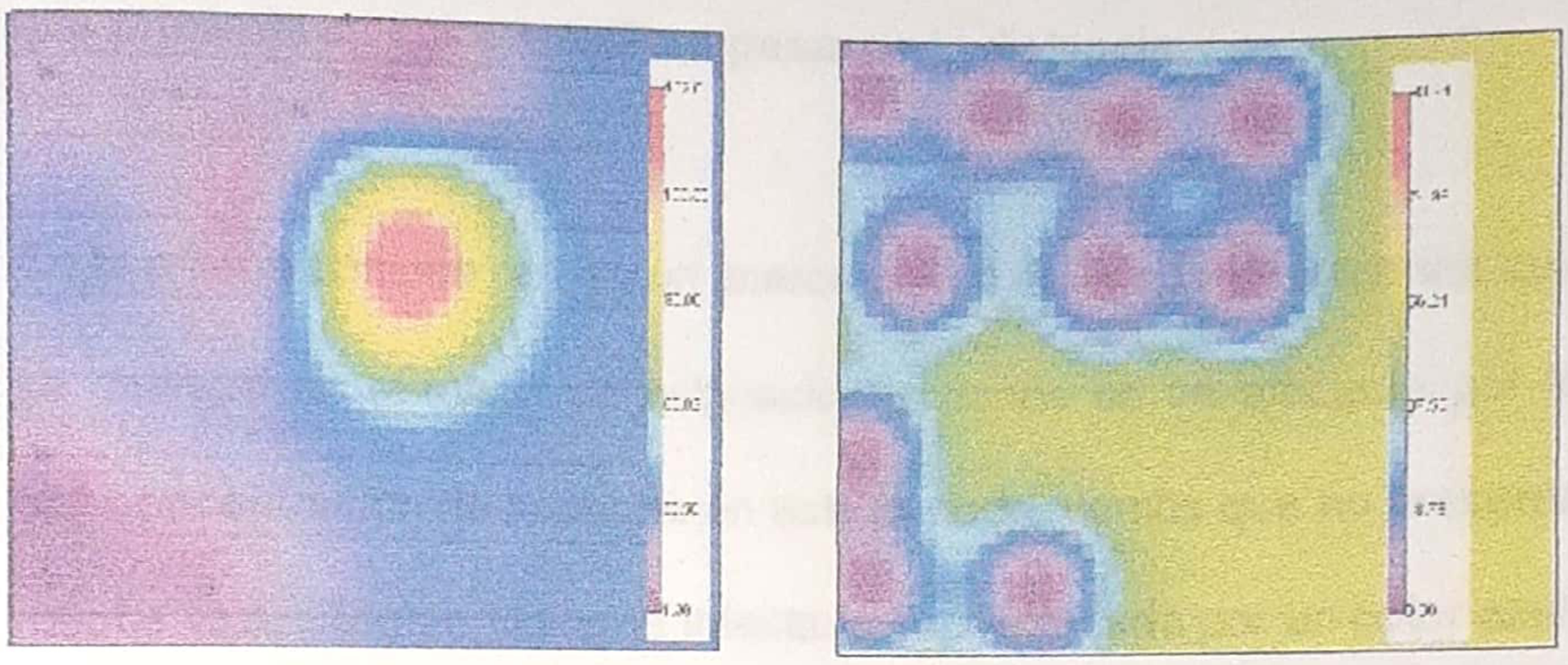


Figura 5.21 Acercamiento de la zona de alta Captura. 2003-2004

En la figura anterior, en el mapa de estimación, se puede observar el punto 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, posiblemente por la

presencia de malezas en dicho lote, por su rango corto rango de acción no llega afectar las estimaciones a sus lotes aledaños.

La alta concentración de capturas en este lote 050003 del cantero 050100, su rango de acción a corta escala, parece no afectar a las zonas aledañas al lote. Esta concentración se ve reflejada en la zona que presenta un color amarillo a pesar de la distancia.

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 en la zona infestada, representada por un color azul, exceptuando las zonas aledañazas, donde se estima que existe cierta variabilidad en los lotes donde se presento baja estimación de capturas, representada por un color verde.

En el mapa de estimaciones, 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.

A continuación se presentan los acercamientos del mapa de estimación y el mapa de varianza, de las zonas donde se estiman focos de mediana incidencia de capturas.

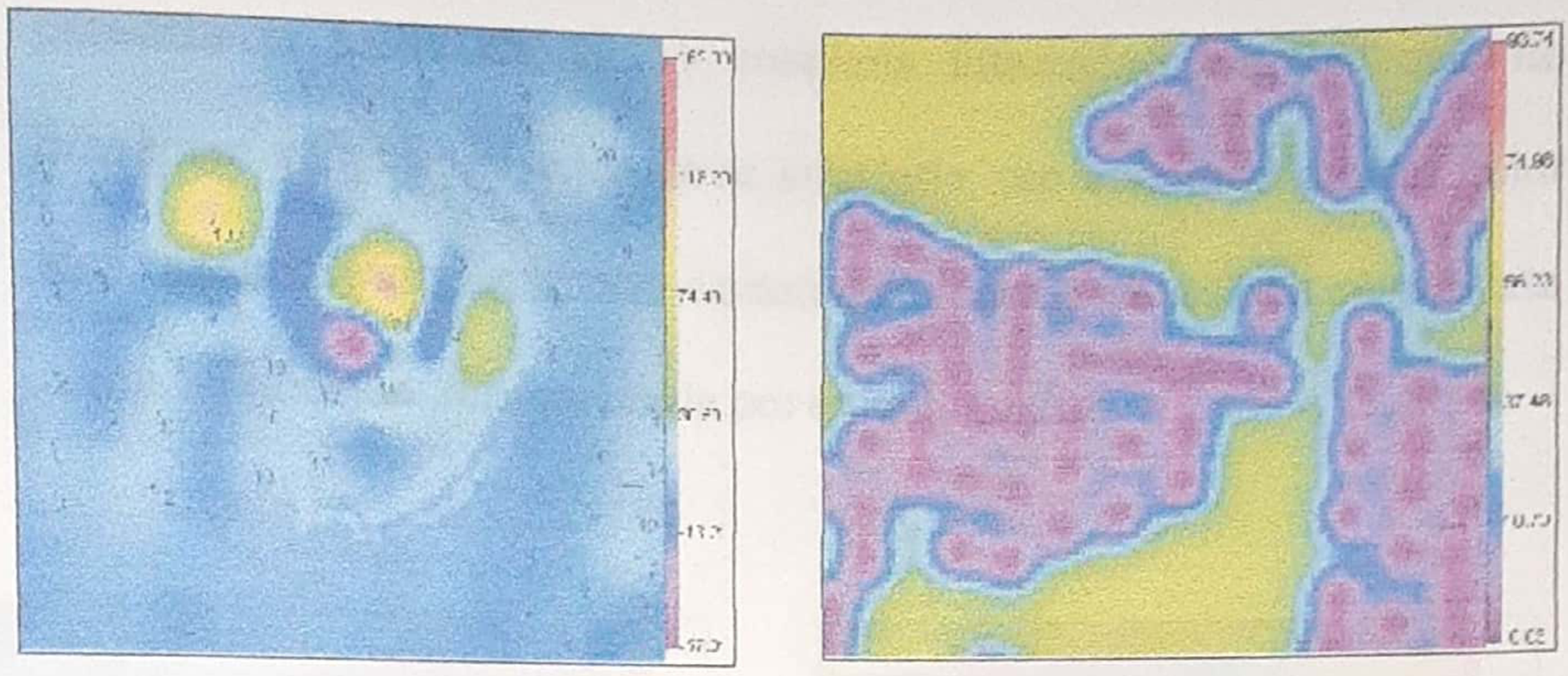


Figura 5.22 Acercamiento de una de las zonas de mediana incidencia de Capturas. 2003-2004

En las figuras anteriores, se puede observar un foco de alta incidencia representado por un punto rojo, que pertenece exactamente en el lote 180106 del cantero 180201 con 108 capturas, posiblemente se produce el foco de incidencia por la presencia de malezas en dicho lote.

La alta concentración de capturas del lote 180106 del cantero 180201, ubicada en la zona Sureste en el Ingenio San Carlos parece afectar directamente a los lotes aledaños a este. Esta concentración se ve

reflejada en la zona que presenta un color amarillo a pesar de la distancia.

En el mapa de varianza, observamos que en las zonas donde se presentaron focos de alta y mediana intensidad, vemos que no presentan variabilidad en la zona infestada, representada por un color azul, exceptuando las zonas aledañazas, donde se estima que existe cierta variabilidad, representada por un color verde.

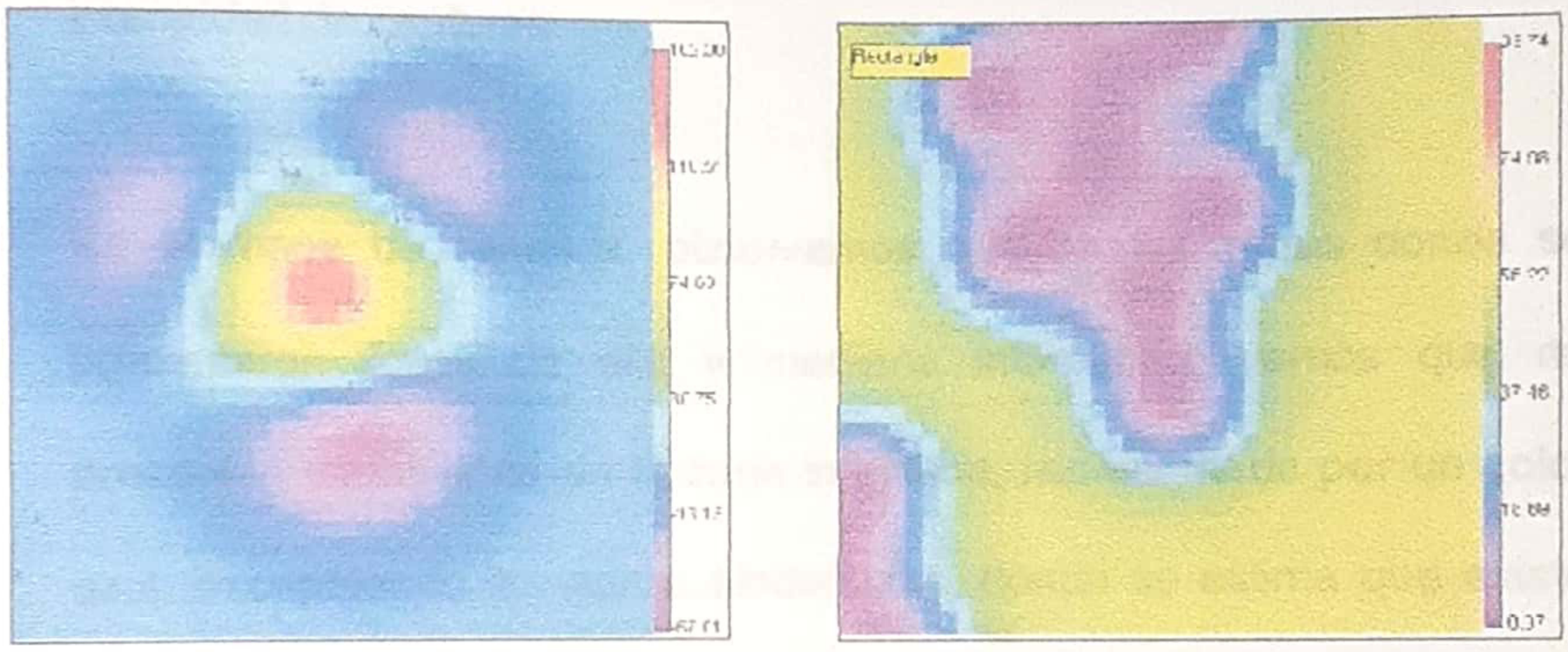


Figura 5.23 Acercamiento de una de las zonas de mediana incidencia de Capturas. 2003-2004

En las figuras anteriores, se puede observar en el mapa de estimación, un foco de alta incidencia representado por un punto rojo, que pertenece exactamente en el lote 200301 del cantero 209803 con 142

capturas, posiblemente se produce el foco de incidencia por la el cantero enmalezado.

A pesar de su alta concentración, su rango de acción a corta escala, parece no afectar a las zonas aledañas al lote. Esta concentración se ve reflejada en la zona que presenta un color amarillo a pesar de la distancia, notamos que puede afectar a sus lotes mas cercanos, posiblemente a su corto rango de acción, también observamos que existe una zona subestimada, posiblemente, porque no presento intensidad de capturas.

En el mapa de varianza, observamos que en las zonas donde se presentaron focos de alta y mediana intensidad, vemos que no presentan variabilidad en la zona infestada, representada por un color azul, exceptuando las zonas aledañazas, donde se estima que existe cierta variabilidad, representada por un color verde.

5.3.2 Análisis Intensidad 2003-2004

Para realizar el análisis geoestadístico, fue necesario representar en el mapa del Ingenio y la ubicación geográfica de los lotes. A continuación se presenta el mapa de posicionamiento de los lotes, donde se puede observar como se distribuyen los lotes en el área de estudio.

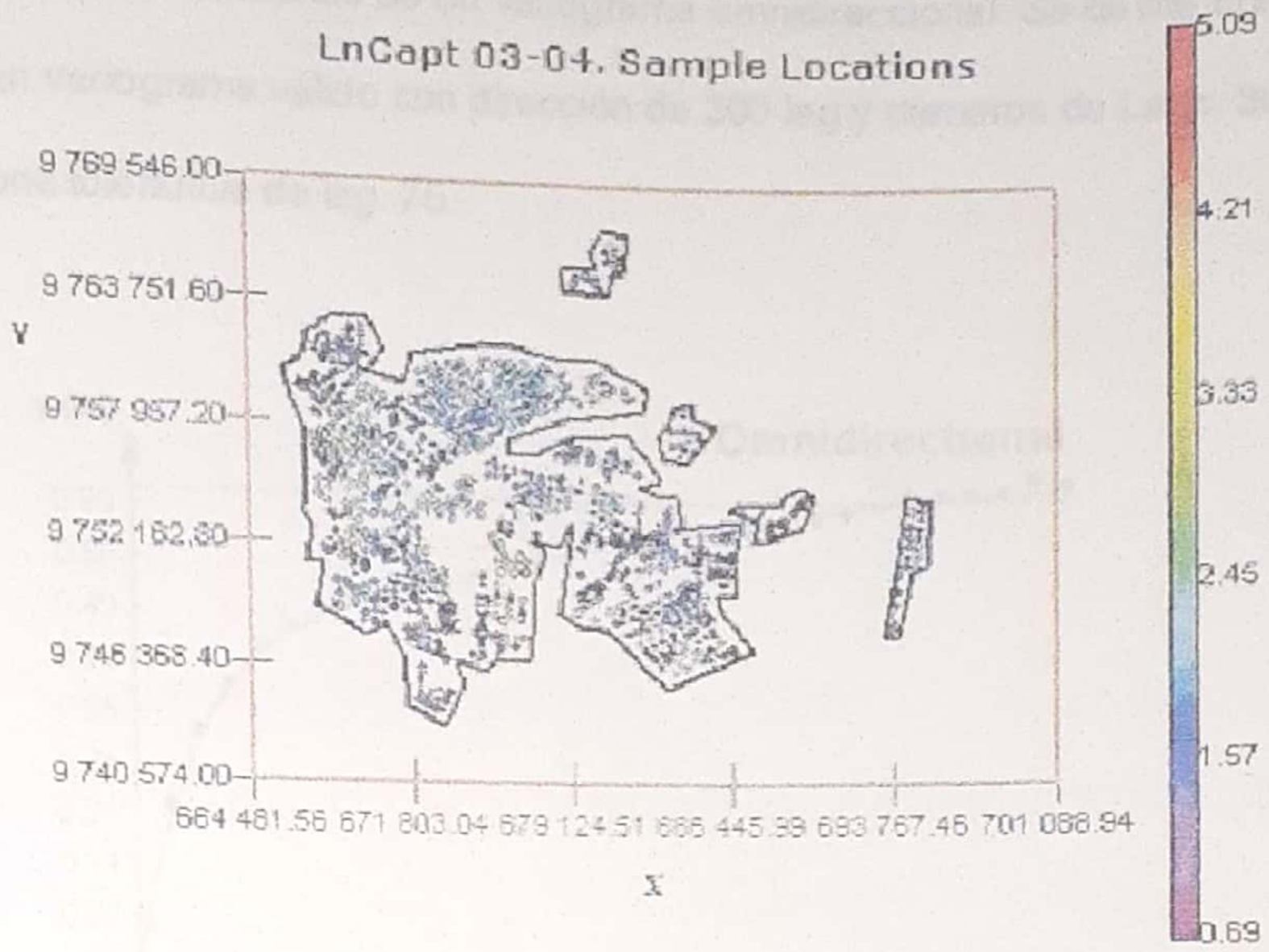


Figura 5.24 Ubicación de lotes. Intensidad. 2003-2004

Aunque no se consideren todos los lotes del ingenio San Carlos, porque se estimo que no se realizaron evaluaciones, se observa que los lotes están dispersos en toda el área del Ingenio. La barra nos indica que donde existe un punto rojo es donde se presento un cantero con lotes de altas intensidades de capturas.

Con los datos de las intensidades de capturas, se realizo en el Variowin 2.2 el semivariograma experimental y los variogramas omnidireccionales que se presentan a continuación.

Se realizo el calculó de un variograma omnidireccional. Se define como un variograma válido con dirección de 300 lag y números de Lags. 30 y una tolerancia de lag. 75.

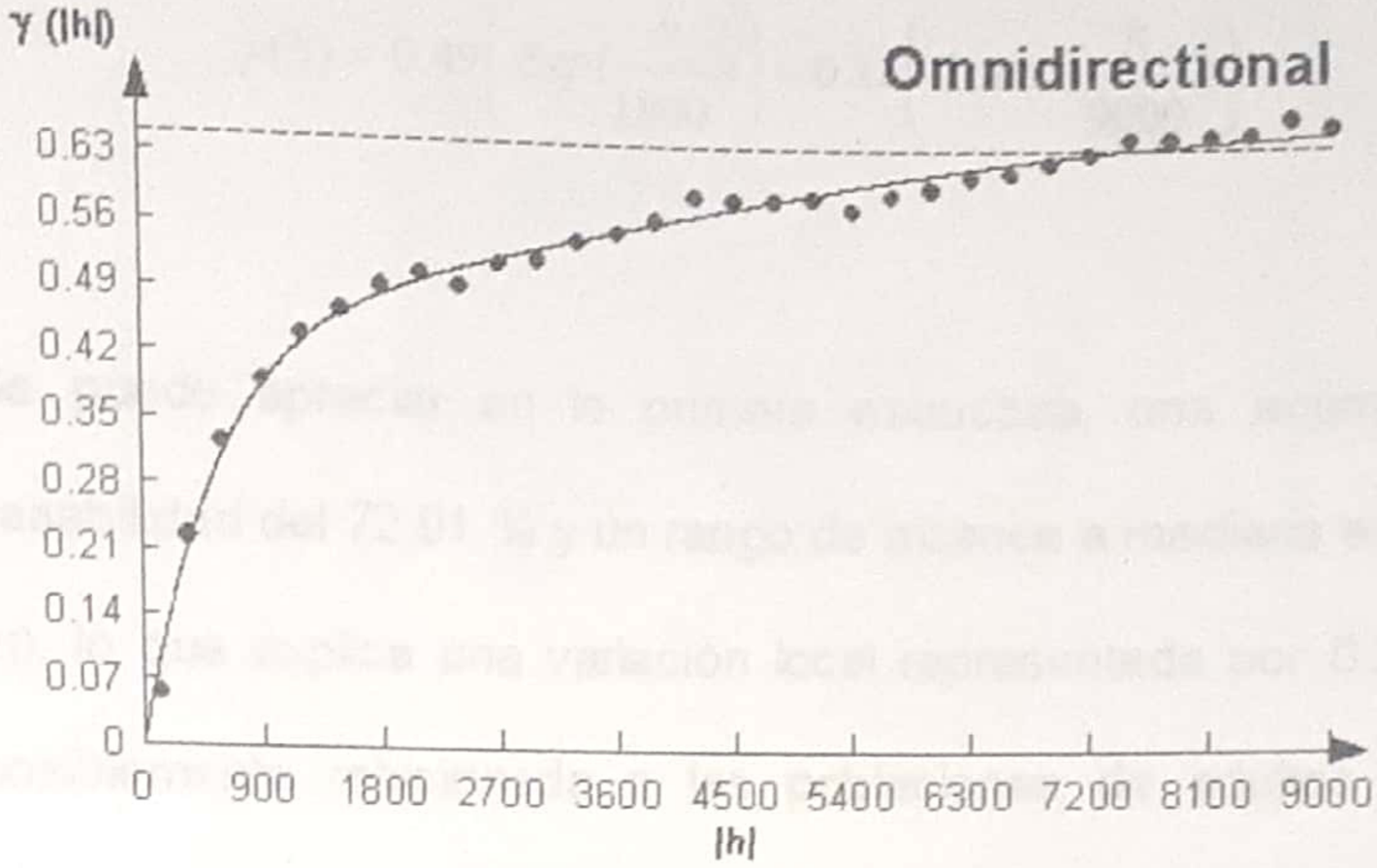


Figura 5.25 Semivariograma y Modelo Ajustado

Intensidad. 2003-2004

Luego, se determina el comportamiento espacial que presenta cada una de las variables de interés, este comportamiento se lo figura por medio de un ajuste a los modelos teóricos, que esta representada por la línea que pasa por los puntos.

El mejor modelo de ajuste es 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.

$$\gamma(h) = 0.49\left(Exp(\frac{h}{1800})\right) + 0.18\left(Gauss(\frac{h}{9000})\right)$$

Se puede apreciar en la primera estructura, una acumulación de variabilidad del 72.91 % y un rango de alcance a mediana escala (1800 m), lo que explica una variación local representada por 0.27 Var/Km, posiblemente relacionada a las poblaciones de adultos y por sus efectos migratorios en el cultivo a diferencia con las ninfas grandes. La segunda estructura, se logra apreciar que tiene una acumulación de variabilidad del 27.08 % y rango de alcance de mayor escala (9000 m) y una variación micro local representada por 0.02 Var/Km.

Luego de haber determinado el modelo, se elaboran los mapas de estimación, donde se muestre la intensidad de plagas en los puntos del área de estudio, se empleo el kriging ordinario en celdas. Para este año el mapa de estimaciones se lo obtuvo usando vecindades con radio de 8.5 Km.

A continuación se presenta el mapa de estimación y el mapa de varianza del Ingenio Azucarero San Carlos.

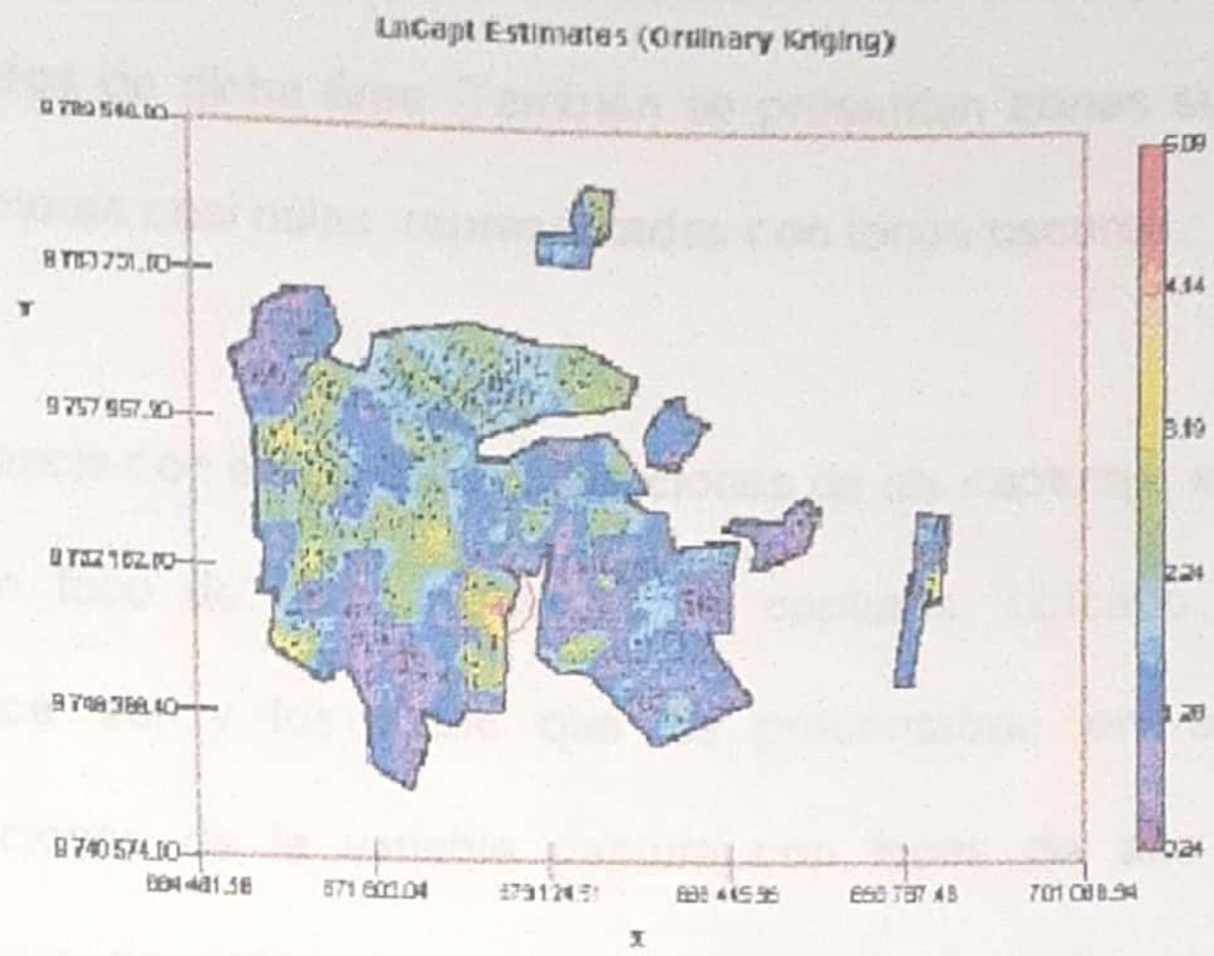


Figura 5.26 Mapa de Estimaciones Intensidad. 2003-2004

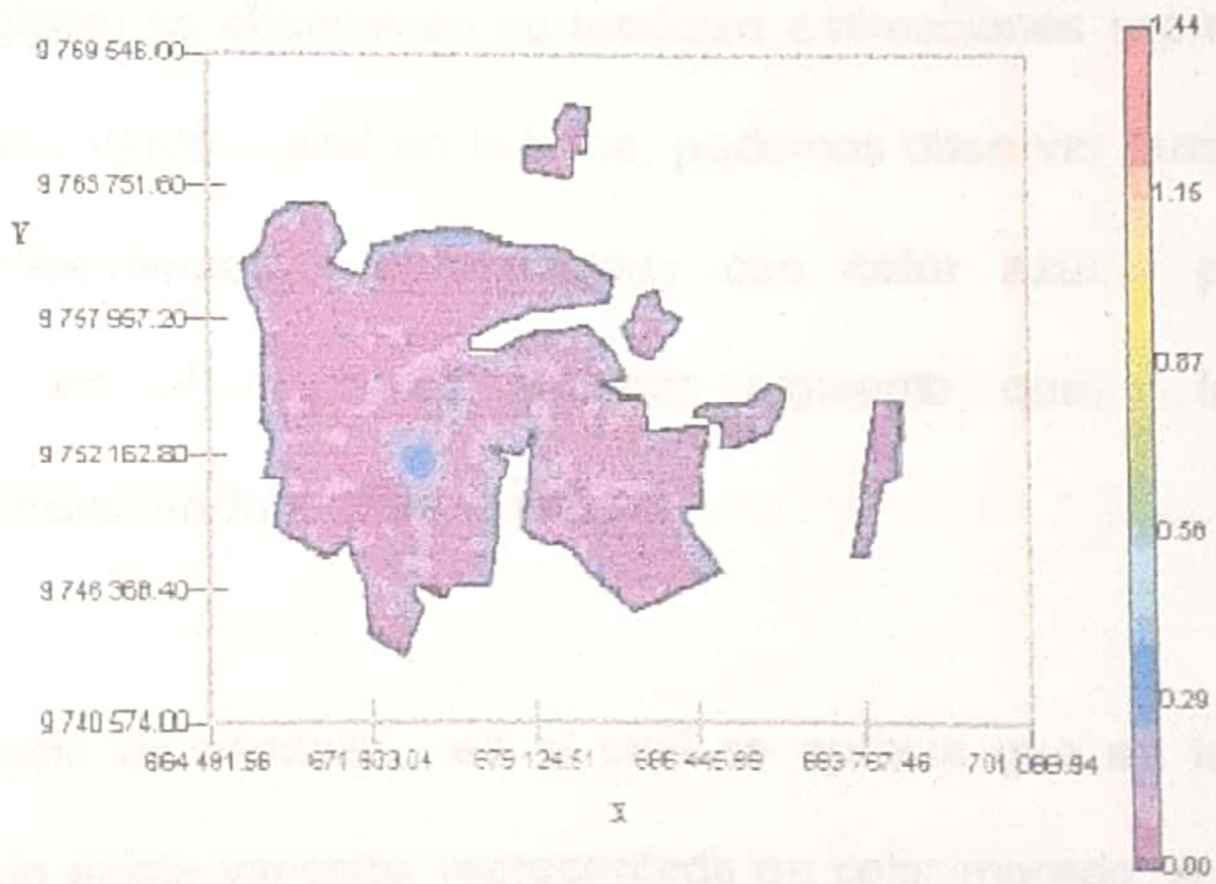


Figura 5.27 Mapa de Varianza. Intensidad 2003-2004

Podemos observar en la figura anterior que se presenta un mapa continuo y aunque no se muestran todos los lotes del ingenio San Carlos, se puede observar la concentración de saltahojas en los lotes analizados de dicha área. También se presentan zonas subestimadas con capturas casi nulas, representadas con 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 con focos de alta y mediana incidencia de capturas, aparecen como zonas estimadas con baja intensidades de capturas.

A nivel global se observa en su totalidad estimaciones representadas por el color verde y azul en la barra, podemos observar también, más zonas subestimadas, representadas con color azul, podríamos observar en el mapa de varianza siguiente que, las zonas subestimadas tendrán altas varianzas.

En el mapa de varianza, en el cual se aprecia que en la zona de estudio no existe varianza, representada en color morado. A excepción de las zonas periféricas que muestran variabilidad pero muy poca,

representada en color azul y a diferencia del mapa de varianza de la variable Capt, se observa que existe una mejor estimación.

A continuación se presenta un acercamiento de las zonas de mayor incidencia del mapa de estimación y del mapa de varianza.

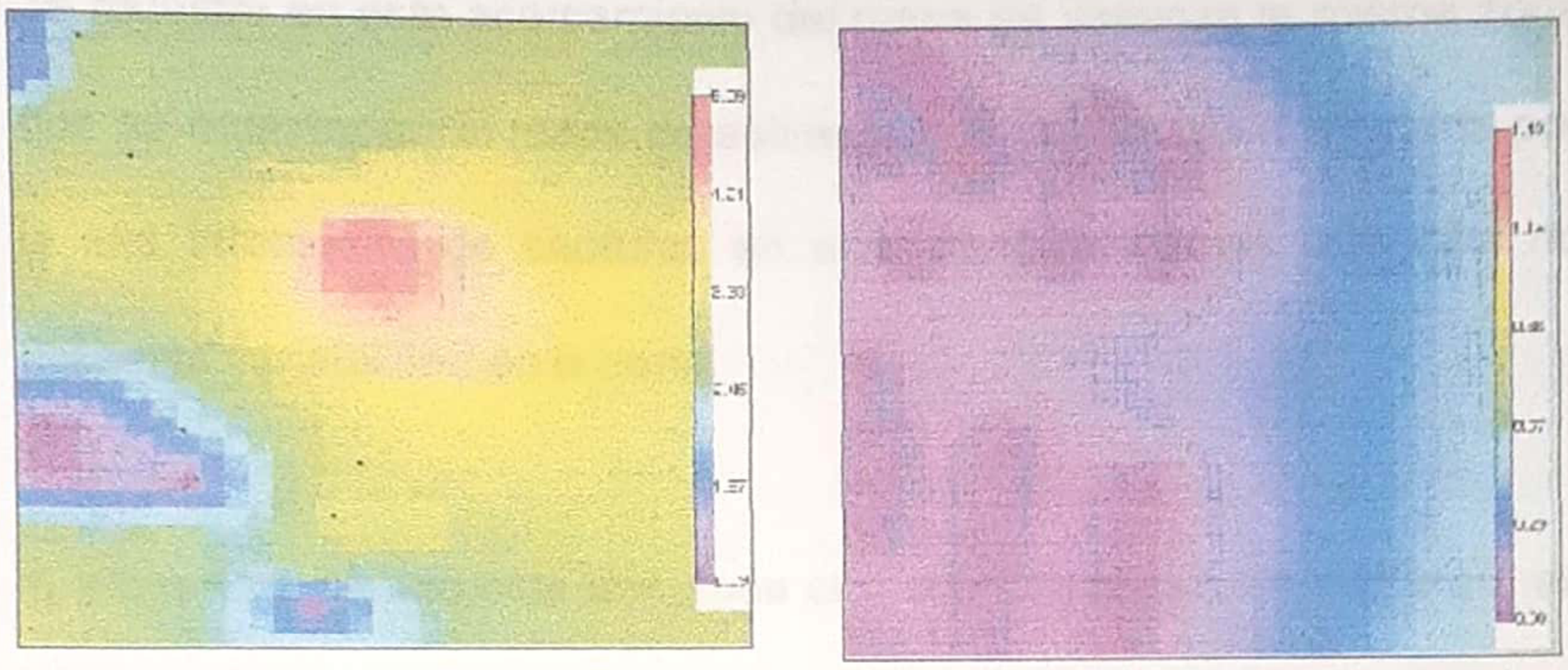


Figura 5.28 Acercamiento alta Intensidad. 2003-2004.

De la figura presentada anteriormente se puede observar que, se presenta un foco de alta intensidad ubicado en la zona periférica sur del área de estudio, este mismo foco se presento en el análisis realizado con la variable Captura.

En el mapa de estimación de este acercamiento observamos que la zona de alta intensidad de capturas, afecta a sus vecinos mas

cercanos, posiblemente a su corto rango de acción, también observamos que existen zonas subestimadas, posiblemente, porque no presento 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.

Se muestra en este acercamiento del mapa de varianza la misma zona que se muestra en el mapa de estimaciones donde se ve afectada por la alta intensidad de capturas en este periodo, vemos que casi no presenta variabilidad en la zona.

A diferencia, siendo esta una zona con alta intensidad de capturas, se estima que no presenta variabilidad, en cambio, a continuación se presenta una zona donde existen pocas intensidades de capturas, indican que existe cierta variabilidad en la zona.

A continuación se presenta un acercamiento de la zona con poca intensidad de capturas en el mapa de estimación.

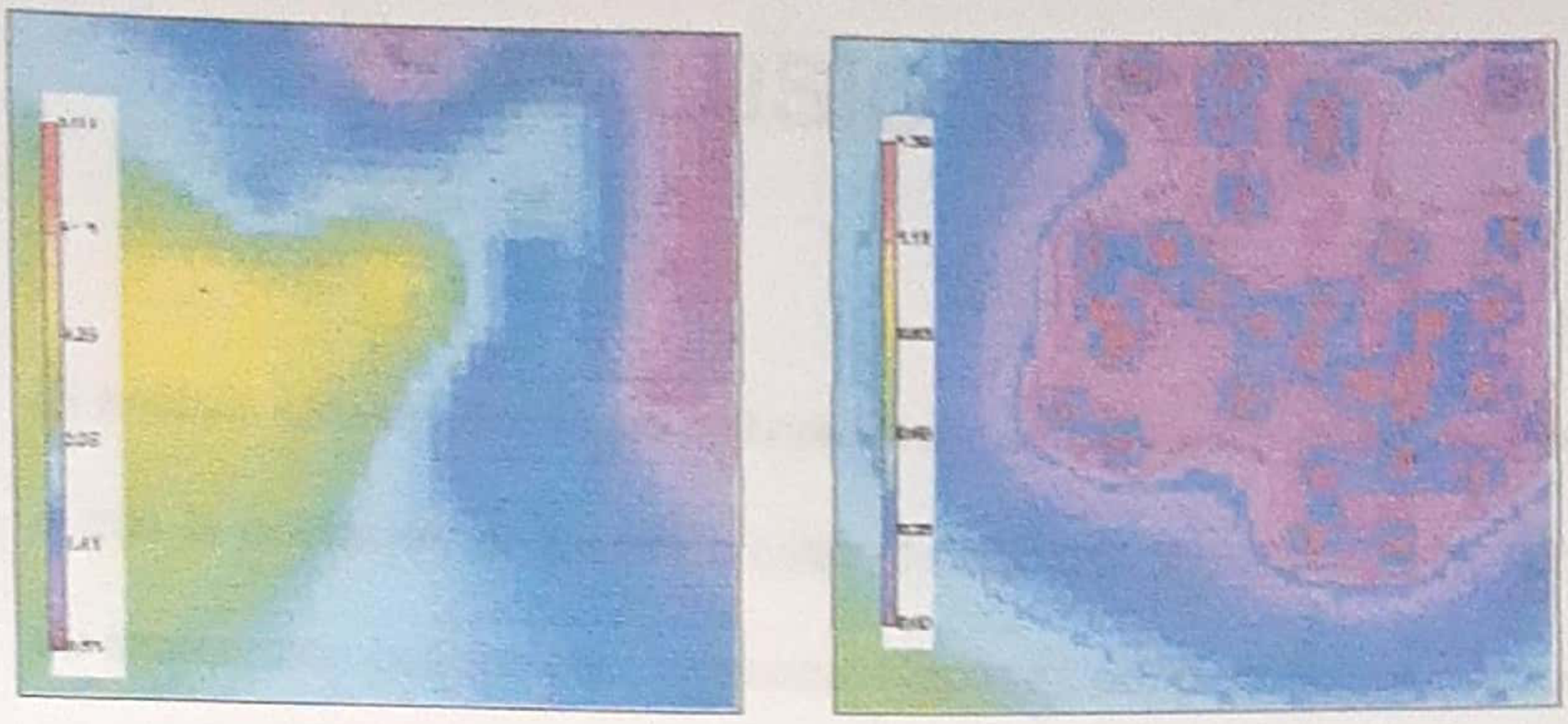


Figura 5.29 Acercamiento menor intensidad 2003-2004

En cambio, se presenta que es esta zona con menos intensidad de capturas, tomándose el área menos morada, por lo cual se estima que existe cierta variabilidad espacial; y, donde existe mayor variabilidad, debido a que cae fuera del arrea de estudio.

CONCLUSIONES

1. El análisis Univariado de las estimaciones no son tan buenas, debido a que la población de insectos están distribuidos aleatoriamente por su distribución geográfica. La variable Capturas del período 2003-2004 presentó mayor variación en todo el estudio, expresada por el coeficiente de variación 1.263.

2. Se obtuvo varianza aleatoria no espacial (sin efecto pepita). La escala de medición fue bastante buena. El que no exista varianza aleatoria, contribuye a decir que cumple con la hipótesis de variabilidad y las distancias entre muestras se encuentran bien posicionadas.

3. Se presentó un cambio de ubicación de las capturas de un período a otro, en el período 2002-2003 la mayor parte de capturas se concentraron en la zona Noroeste del área de estudio y en período 2003-2004 se ubicaron en la zona sur.

4. En el período 2002-2003, aunque no se presentaron mayores evaluaciones en los canteros (94 evaluaciones), presento el mayor número de capturas (11622 capturas). A diferencia, con el período

2003-2004, donde se realizaron más evaluaciones en los canteros (320 evaluaciones), presentó menor número de capturas en todo el periodo (8190 capturas).

5. El periodo 2003-2004, presentó la captura de más alta incidencia del estudio 162 capturas en el lote 050003, ubicado en la zona sur del área de estudio.

6. En ciertas zonas del área de estudio, el que no exista capturas, no se puede considerar la nulidad de insectos en dichas zonas, no se realizaron controles o evaluaciones de la plaga.

Respecto al análisis de la variabilidad espacial para las Capturas en el periodo 2002-2003 se puede decir lo siguiente:

7. El modelo teórico encontrado fue de 2 estructuras gaussiano – gaussiano sin efecto pepita, la primera estructura de corto alcance (725.4 m) con una acumulación de variabilidad del 67.67 % lo que representa una variación local de 0.14 Km y un sill de 103.48, la segunda estructura de largo alcance (2503.5 m) con una acumulación de variabilidad del 32.35 %, lo que representa una variación regional de 0.019 Km y un sill de 49.5. La acumulación del sill con respecto al

rango en la primera estructura representa una relación 2 a 1 con lo que respecta a la segunda estructura.

8. Se encuentra principalmente una estructura local de corto alcance espacial y otra estructura secundaria de mediano alcance, por causa de la acentuación de poblaciones de ninfas grandes.

9. A nivel global, en el mapa de estimación en la mayor parte del área de estudio existen capturas, generalmente zonas de leves capturas y una zona caracterizada como un foco donde se presentó la mayor incidencia de capturas, ubicada en la zona noreste del Ingenio San Carlos, cerca de canteros enmalezados; la variabilidad de estas estimaciones, representan zonas con leves capturas que muestran cierta variabilidad, asi mismo, en las zonas que se encuentran ubicadas en la periferia del área de estudio, presentan alta variabilidad; y, la zona donde se presentó el mayor número de capturas, no presenta variabilidad, presentando una buena estimación.

10. A nivel local, en el mapa de estimación, se presentó un foco de alta incidencia de captura en el cantero 039536, se estima que las zonas aledañas se ven afectadas por dicho foco; la variabilidad de estas estimaciones, se puede ver que en dicha zona de alta incidencia de

captura no existe variabilidad espacial, posiblemente por la gran cantidad de lotes con presencia de capturas ubicadas en la zona noreste del Ingenio San Carlos; y, a nivel local en el mapa de estimación una zona con leves capturas ubicada en la zona sureste del área de estudio, presentando cierta variabilidad en el mapa de varianza.

Respecto al análisis de la variabilidad espacial para la Intensidad de Capturas en el período 2002-2003 se puede decir lo siguiente:

11. El modelo teórico encontrado fue de 2 estructuras gaussiano – gaussiano sin efecto pepita, la primera estructura de corto alcance (643.5 m) con una acumulación de variabilidad del 62.5 % lo que representa una variación local de 0.83 Km. y un sill de 0.4913, la segunda estructura de mediano alcance (2542.7 m) con una acumulación de variabilidad del 37.5 % lo que representa una variación regional de 0.13 Km y un sill de 49.5. La acumulación del sill con respecto al rango en la primera estructura representa una relación 2 a 1 con lo que respecta a la segunda estructura.

12. Se encuentra principalmente una estructura local de corto alcance espacial y otra estructura secundaria de mediano alcance, por causa de la acentuación de poblaciones de ninfas grandes

13. A nivel global, en el mapa de estimación en la mayor parte del área de estudio existen capturas, se logra ver, zonas de bajas incidencias de capturas y cuatro zonas de alta y mediana intensidad de capturas. Se presenta en la zona noroeste del área de estudio un foco de alta intensidad de capturas, el mismo que se presentó en el análisis con los datos de las capturas. Además, se muestran zonas de mediana intensidad de capturas ubicadas en las zonas norte y sureste del Ingenio San Carlos; la variabilidad de estas estimaciones, se observa que, en las zonas donde se presentaron focos de alta y mediana intensidad, no existe variabilidad, a excepción de las zonas periféricas, que mostraron cierta variabilidad; y, se presentó también, a 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 presentó el análisis con los datos de las capturas, mostrando cierta variabilidad.

Respecto a la comparación entre en análisis de las capturas con el análisis intensidad de capturas en el período de 2002-2003 se puede decir lo siguiente:

14. No existe mayor cambio, en cuanto la variación local se mantiene, en ambos modelos la estructura local no presenta diferencias, asi mismo se puede observar en la estructura regional.

15. A nivel global, en los mapas de estimación, presenta una marcada diferencia, debido que en el análisis de intensidad de capturas, se presentó más zonas que representaban focos de alta y mediana intensidad. En el mapa de varianza, no se presenta diferencias en las zonas que presentaron intensidades de capturas, en ambos análisis no existió variabilidad en dichas zonas infestadas.

16. A nivel local, en los mapas de estimación, presentan el mismo foco de alta captura y alta intensidad de capturas, que no afectan a sus zonas aledañas en el área de estudio, posiblemente debido a la causa que en ese cantero presentaba zonas despobladas y/o enmalezada; a excepción en la variable de intensidad de capturas, es las zonas periféricas donde se ve afectada levemente por los focos de expansión, la variabilidad de estas estimaciones en estas zonas no

presentaron variabilidad espacial en dichas zonas en donde se encontraron los focos de infestación en ambos análisis; y, a nivel local en los mapas de estimación, una zona con leve capturas e intensidad de capturas ubicada en la zona sureste del área de estudio, siendo la misma que presentó en ambos análisis, mostrando cierta variabilidad.

Respecto al análisis de la variabilidad espacial para las Capturas en el período 2003-2004 se puede decir lo siguiente:

17. El modelo teórico encontrado fue de 2 estructuras gaussiano – gaussiano sin efecto pepita, la primera estructura de corto alcance (360.0 m) con una acumulación de variabilidad del 45.52 % lo que representa una variación local de 0.15 Km. y un sill de 53.19, la segunda estructura de largo alcance (8550 m) con una acumulación de variabilidad del 54.47 % lo que representa una variación micro local de 0.007 Km. y un sill de 63.64. La acumulación del sill con respecto al rango en la primera estructura no representa mucha variabilidad con lo que respecta a la segunda estructura.

18. Se encuentra principalmente una estructura local de corto alcance espacial y otra estructura secundaria de mediano alcance, por causa de la acentuación de poblaciones de ninfas grandes.

19. A nivel global, en el mapa de estimación en la mayor parte del área de estudio existen capturas, generalmente zonas de moderadas capturas y una zona caracterizada como un foco donde se presentó la mayor incidencia de capturas en todo el estudio, ubicada en la zona periférica sur del Ingenio San Carlos, cerca de canteros enmalezados, la variabilidad de estas estimaciones, se muestra que en dichas zonas presentaron leves capturas tienen cierta variabilidad, asi mismo, en las zonas que se encuentran ubicadas en la periferia del área de estudio, presentan variabilidad; y, la zona donde se presentó el mayor número de capturas, no presenta variabilidad,

20. A nivel local, en el mapa de estimación, se presentó un foco de alta incidencia de captura en el lote 050003 del cantero 050100, se estima por su rango corto rango de acción no llega afectar las estimaciones a sus lotes aledaños, la variabilidad de estas estimaciones, se puede ver que en dicha zona de alta incidencia de captura no existe variabilidad espacial, posiblemente por la gran cantidad de lotes con presencia de capturas ubicadas en la zona periférica sur del Ingenio San Carlos; y, se presenta también, a nivel local en el mapa de estimación se presentan dos zonas con mediana incidencia de capturas ubicada en la zona sureste del área de estudio y en la zona norte alejada de la

gran parte del área de estudio, podemos ver en el mapa de varianza que no presenta mucha variabilidad en la zona infestada.

Respecto al análisis de la variabilidad espacial para la Intensidad de Capturas en el período 2002-2003 se puede decir lo siguiente:

21. El modelo teórico encontrado fue de 2 estructuras exponencial – gaussiano sin efecto pepita, la primera estructura de mediano alcance (1800 m) con una acumulación de variabilidad del 72.91 % lo que representa una variación local de 0.27 Km. y un sill de 0.489, la segunda estructura de largo alcance (9000 m) con una acumulación de variabilidad del 27.08 % lo que representa una variación regional de 0.02 Km. y un sill de 0.182. La acumulación del sill con respecto al rango en la primera estructura representa una relación 3 a 1 con lo que respecta a la segunda estructura.

22. A nivel global, en el mapa de estimación en la mayor parte del área de estudio existen capturas, se logra ver, una zona de alta intensidad de capturas, ubicado en la zona periférica sur, presentándose como un foco de infestacion en este análisis, se presentaron estimaciones en la mayor parte del área de estudio zonas de mediana intensidad de capturas; la variabilidad de estas estimaciones, se observa que, en las

zonas donde se presentó el foco de alta intensidad de capturas no existe variabilidad, y en las zonas periferias presenta cierta variabilidad; y, se presentó también, a nivel local en el mapa de estimación, una zona con leve intensidad de capturas ubicada en la zona periférica oeste, presentando cierta variabilidad espacial.

Respecto a la comparación entre en análisis de las capturas con el análisis intensidad de capturas en el período de 2002-2003 se puede decir lo siguiente:

23. Existe un cambio de estructura en los modelos en este período, en la variable capturas (gaussiano) y en la variable intensidad (exponencial), posiblemente, por las concentraciones de adultos en las capturas estaban mas dispersas entre lotes y al uniformizar la escala se estandarizaron las capturas, agrupándose por su intensidad

24. A nivel global, en los mapas de estimación, presenta una diferencia, debido que en el análisis de intensidad de capturas, se presentó solo una zona que representa un foco de alta; la variabilidad de estas estimaciones, no presenta diferencias en las zonas donde se mostraron incidencias e intensidad de capturas, en ambos análisis no existió variabilidad en dichas zonas infestadas.

25. A nivel local, en los mapas de estimación, presentan el mismo foco de alta captura y alta intensidad de capturas, que no afectan a sus zonas aledañas en el área de estudio, posiblemente debido a la causa que en ese cantero presentaba zonas despobladas y/o enmalezada; a excepción en el análisis capturas, es las zonas periféricas donde se ve afectada levemente por los focos de expansión; la variabilidad de estas estimaciones, presenta cierta variabilidad espacial en las zonas periféricas el análisis de capturas, en cambio en el análisis de intensidad de capturas no presenta mucha variabilidad.

Respecto a la comparación entre los años que se realizo el estudio se puede decir lo siguiente:

26. No existe mucha diferencia en las estructuras entre los dos períodos (gaussiano-gaussiano), la estructura local se mantiene con el análisis capturas, la estructura regional cambia del período 2002-2003 en el análisis de las capturas (regional) con el período 2003-2004 en el análisis de las capturas (mico local); posiblemente a causa de que existió mas control de plaga, redujo la presencia de ninfas grandes.

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
ESPOL
CIB -ESPOL

27. Existe un cambio en el rango del período 2002-2003 Capturas (725.4 m), intensidad (643.5) con los del período 2003-2004 Capturas (360 m), intensidad (1800 m); posiblemente debido a que se realizaron aplicaciones de fungicidas y la implementación de un método de control "vaca loca".

28. Generalmente a nivel local de la zona de estudio en los mapas de estimaciones se logra ver que en general existe una intensidad de captura casi nula y que no llega afectar a las zonas cercanas a las mismas, a excepción del período 2003-2004 en el que se ve afectada levemente por los focos de expansión.

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

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

31. El cambio de estructura por período se explica, por la razón de que en el período 2002-2003 los brotes de la plaga alcanzo niveles de

poblaciones altas, lo que se realizo un control químico, se estima que aproximadamente el 10% de la superficie se aplica insecticida por año.

RECOMENDACIONES

1. Se debería implementar un Sistema de Infomación Geográfica (GIS) en el cual se pueda consultar ubicación de los lotes durante los períodos en los que se ha venido realizando en el control y/o evaluaciones en los diferentes comportamientos de poblaciones de la Perkinsiella Saccharicida que se hayan podido identificar.

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

3. Se debería utilizar en el análisis geoestadístico, un tamaño de grilla (cuadriculas) pequeño, para que la resolución del mapa sea más suave y se pueda visualizar de mejor manera las estimaciones en zonas infestadas.

4. Se debería utilizar métodos de trampeo, en zonas donde presentan mayor densidad poblacional o mayor variabilidad, comúnmente, estas zonas se encuentran en la periferia del Ingenio San Carlos, seria recomendable utilizar un "cultivo trampa", gramínea apetitosa para este tipo de plaga.

5. Se debería exigir un mayor control de malezas en las zonas aledañas donde existan canteros despoblados, cercanos a los canales de riego y guardarrayas que pueden llegar a infestar el cultivo de la caña de azúcar.

6. Seria recomendable realizar un muestreo sistemático por lotes, tomando en cuenta la dependencia espacial y la variabilidad entre muestras, como se demostró que hay variabilidad espacial, las distancias entre muestras estarían de acuerdo al radio de dispersión.

7. Establecer monitoreos de niveles críticos de población de la Perkinsiella Saccharicida, implementando un manejo integrado de plagas (MIP), el cual dependerá del porcentaje del daño del cultivo. 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.

8. Debido a la dimensión del área de estudio, deberían realizarse estudios más detallados tomando en cuenta variables que tengan importancia en la presencia de plagas o infestacion del cultivo, poniendo énfasis en los aspectos de controles fitosanitarios en ciertas zonas del cultivo de la caña de azúcar.

9. Seria recomendable que el ICM como institución que posee la carrera de Ingeniería en Estadística Informática, promueva la creación de un departamento de Análisis de Datos ubicados Geográficamente, puesto que dicho tipo de estudios se han podido aplicar en algunas entidades publicas y privadas (CEDEGÉ, Ingenio San Carlos, Policía Nacional) siendo estas y otras entidades clientes potenciales para dicho departamento. De esta manera se ayudara al engrandecimiento del instituto y al desarrollo de sus estudiantes y profesionales.

BIBLIOGRAFÍA

1. Buenaventura Carlos, 2003. Guía para el reconocimiento y Manejo de Insectos Plagas y Roedores de la Caña de Azúcar, en el Ecuador, Primera Edición, Centro de Investigación de la Caña de Azúcar (CINCAE), El Triunfo, paginas 9 – 12.

2. Mendoza Jorge, 2001. Determinaron del efecto de varias densidades poblacionales de Perkinsiella Saccharicida, sobre la producción y Calidad de la Caña de Azúcar, Centro de Investigación de la Caña de Azúcar (CINCAE), Guayaquil, paginas 23 – 29.

3. Mendoza Jorge, 2003. Manejo de Insectos y Roedores en Caña de Azúcar, en el Ecuador. AETA, Guayaquil, Paginas 31 – 43

4. Sopó Gerson. 2004. 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)

5. Mendoza Jorge, 2003. El Saltahojas de la Caña de Azúcar (Perkinsiella Saccharicida). Centro de Investigación de la Caña de Azúcar (CINCAE), Guayaquil, El Triunfo, Guayas, Ecuador.

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

7. EDIFARM, 2004. Manual de Cultivos, Guayaquil.