



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
RECURSOS NATURALES

ORIVUS INSIDIOSUS EN EL CONTROL BIOLÓGICO DE TRIPS EN
AGUACATE EN MÉXICO

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

PRESENTA:

ROBERTO RIVERA MARTÍNEZ

COMITÉ DE TUTORES:

Dr. José Francisco Ramírez Dávila

Dr. Martín Rubí Arriaga

Dr. Aurelio Domínguez López



El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México. Junio 2016.

RESUMEN

El uso de diferentes alternativas en el control de plagas y enfermedades es de gran importancia en la elaboración de programas de manejo integrado. El presente estudio se realizó con el fin de conocer la efectividad del depredador *Orius insidiosus* sobre las poblaciones de trips en el cultivo de aguacate, el estudio tuvo lugar en el municipio de Coatepec Harinas, Estado de México, durante los años 2014 y 2015. En tres parcelas se determinó la fluctuación poblacional de trips, realizando muestreos quincenales, se determinó la distribución espacial por medio de la geoestadística. Se determinó el semivariograma experimental para ajustarse a un modelo teórico (esférico, exponencial o gaussiano) a través de los programas Variowin 2.2, su ajuste se validó con el método de validación cruzada y se obtuvieron los mapas de agregación de la plaga a través del Krigeado con el programa Surfer 9.0. Se realizó una prueba de T de Student para conocer si existían diferencias estadísticamente significativas a partir de la liberación del depredador, en la parcela donde hubo liberación existió diferencia contra las otras dos parcelas donde no existió liberación. La estabilidad espacio temporal a corto plazo de la plaga se determinó con las pruebas de Crámer-von Mises y con el índice de asociación de SADIE. Los resultados demostraron que las poblaciones de trips presentan una distribución de tipo agregada, que fue corroborada por los mapas de densidad. Esto nos da un panorama para poder hacer un programa integrado del manejo de dicha plaga, existe reducción de las poblaciones de trips en la parcela donde hubo liberación esto confirma que el depredador *Orius insidiosus* tiene cierta efectividad en el control de trips en el cultivo de aguacate.

Palabras clave: Trips, *Orius insidiosus*, semivariograma, SADIE.

ABSTRACT

The use of different alternatives in the control of pests and diseases is of great importance in the development of integrated management programs. This study was conducted in order to determine the effectiveness of the predator *Orius insidiosus* on populations of thrips in avocado cultivation, the study took place in the municipality of Coatepec Harinas, State of Mexico, during the years 2014 and 2015. In three plots population fluctuation of thrips was determined to hold fortnightly sampling, spatial distribution by geostatistics was determined. The experimental variogram is determined to conform to a theoretical model (spherical, exponential or gaussian) through Variowin 2.2 programs, adjustment was validated with the method of cross-validation and maps aggregation pest obtained through Kriging with Surfer 9.0 program. T test of Student was conducted to determine whether there were statistically significant differences from the release of the predator, in the land where there was difference existed liberation against the other two plots where there was no release. The short-term temporary space stability of the pest was determined by testing Crámer-von Mises and the index SADIE association. The results showed that populations of thrips have a distribution of aggregate type, which was corroborated by density maps. This gives us a picture to make an integrated management of the pest program, there is reduction of populations of thrips in the plot where there was release this confirms that the predator *Orius insidiosus* has some effectiveness in controlling thrips in avocado cultivation.

Keywords: Trips, *Orius insidiosus*, semivariogram, SADIE.

ÍNDICE

Contenido

AGRADECIMIENTOS	i
RESUMEN	ii
ABSTRACT	iii
ÍNDICE	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
ÍNDICE DE TABLAS	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
III. REVISIÓN DE LA LITERATURA.....	4
3.1 ORIGEN DEL AGUACATE	4
3.2 CLASIFICACIÓN BOTÁNICA	4
3.3 AGUACATE HASS	5
3.4 FASES FENOLOGICAS DEL AGUACATE.....	5
3.5 SITUACIÓN ACTUAL DEL AGUACATE MEXICANO.....	6
3.6 TRIPS (INSECTA: THYSANOPTERA)	7
3.6.1 Descripción.	7
3.6.2 Ciclo Biológico.....	7
3.6.3 Daños	7
3.6.4 Especies.....	8
3.7 CONTROL BIOLÓGICO DE PLAGAS EN AGUACATE	8
3.7.1 Antocóridos empleados en el control de trips.....	9
3.8 ORIUS INSIDIOSUS.....	10
3.8.1 Descripción morfológica	10
3.8.2 Ciclo biológico de <i>Orius insidiosus</i>	10
3.9 DISTRIBUCION ESPACIAL DE LOS INSECTOS PLAGA	11
3.10 ESTADÍSTICA ESPACIAL.....	12
3.10.1 Antecedentes de la Geoestadística	13
3.10.2 Geoestadística aplicada a estudios entomológicos	17
3.11 ANÁLISIS ESPACIAL POR ÍNDICES DE DISTANCIA (SADIE).....	21

3.11.1 SADIE aplicado a estudios entomológicos.....	23
3.12 ANALISIS GEOESADÍSTICO	29
1. Estimación del Semivariograma.....	30
2. Estimación de los parámetros del modelo de Semivariograma.....	34
3. Validación.....	38
4. Nivel de dependencia espacial.....	40
5. Elaboración de mapas.....	40
➤ Kriging Ordinario.....	43
IV. METODOLOGÍA	48
4.1 ZONA DE ESTUDIO.....	48
4.2 DISEÑO EXPERIMENTAL Y TOMA DE DATOS	49
4.3 EVALUACIÓN DEL DEPREDADOR.....	50
4.4 ANALISIS GEOESTADÍSTICO.....	50
V. RESULTADOS.....	54
Modelización espacial de trips (Insecta: Thysanoptera) en el cultivo de aguacate (Persea americana Mill.)	54
VI. OTROS RESULTADOS	78
6.1 Análisis geoestadístico.....	78
6.2 Elaboración de mapas de densidad.....	110
6.3 Superficie infestada	129
6.4 Prueba estadística t de student	134
6.5 ANALISIS ESPACIAL POR INDICES DE DISTANCIA (SADIE).....	135
6.6 ESTABILIDAD ESPACIO TEMPORAL.....	140
VII. DISCUSIÓN GENERAL.....	147
VIII. CONCLUSIONES	151
IX. BIBLIOGRAFIA.....	153

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. CICLO BIOLÓGICO DE ORIUS INSIDIOSUS	10
FIGURA 2. GPS UTILIZADO EN LOS MUESTREOS	20
FIGURA 3. DIFERENCIAL GPS EN TIEMPO REAL	21
FIGURA 4. PARÁMETROS DEL SEMIVARIOGRAMA. CO: EFECTO PEPITA Y CO + C1 = MESETA.	34
FIGURA 5. SEMIVARIOGRAMAS TEÓRICOS MÁS COMUNES.....	36
FIGURA 6. ILUSTRACIÓN DEL EFECTO SUAVIZADOR DEL KRIGEADO	41
FIGURA 7. ESTIMACIÓN O INTERPOLACIÓN ESPACIAL (KRIGEADO).....	42
FIGURA 8. LOCALIZACIÓN DEL MUNICIPIO DE COATEPEC HARINAS EN EL ESTADO DE MÉXICO.....	48
FIGURA 9. TRAMPAS DE VASOS AMARILLOS CUBIERTOS DE MANTECA VEGETAL UTILIZADOS PARA EL MONITOREO DE TRIPS EN EL CULTIVO DE AGUACATE.	49
FIGURA 10. SEMIVARIOGRAMAS CORRESPONDIENTES A LA PARCELA 1 PARA LOS MUESTREOS DEL AÑO 2014 Y 2015.....	82
FIGURA 11. SEMIVARIOGRAMAS CORRESPONDIENTES A LA PARCELA 2 PARA LOS MUESTREOS DEL AÑO 2014 Y 2015.....	91
FIGURA 12. SEMIVARIOGRAMAS CORRESPONDIENTES A LA PARCELA 3 (LIBERACIÓN DEL DEPREDADOR) PARA LOS MUESTREOS DEL AÑO 2014 Y 2015.....	101
FIGURA 13. MAPAS DE DENSIDAD POBLACIONAL DE TRIPS CORRESPONDIENTE A LA PARCELA 1 PARA EL AÑO 2014 Y 2015.	110
FIGURA 14. MAPAS DE DENSIDAD POBLACIONAL DE TRIPS CORRESPONDIENTE A LA PARCELA 2 PARA EL AÑO 2014 Y 2015.	114
FIGURA 15. . MAPAS DE DENSIDAD POBLACIONAL DE TRIPS CORRESPONDIENTE A LA PARCELA 3 PARA EL AÑO 2014 Y 2015.	117

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. PARÁMETROS (EFECTO PEPITA, MESETA Y RANGO) DE LOS MODELOS AJUSTADOS A LOS SEMIVARIOGRAMAS DE LAS POBLACIONES DE TRIPS EN EL CULTIVO DE AGUACATE, CORRESPONDIENTES A LA PARCELA 1 PARA EL AÑO 2014-2015.....	78
TABLA 2. VALORES DE LOS ESTADÍSTICOS DE LA VALIDACIÓN CRUZADA DE LOS SEMIVARIOGRAMAS OBTENIDOS EN LOS MUESTREOS EN LA PARCELA 1 EN EL AÑO 2014-2015: MEDIA DE LOS ERRORES DE ESTIMACIÓN (MEE), ERROR CUADRÁTICO MEDIO (ECM) Y ERROR CUADRÁTICO MEDIO ADIMENSIONAL (ECMA).....	80
TABLA 3. PARÁMETROS (EFECTO PEPITA, MESETA Y RANGO) DE LOS MODELOS AJUSTADOS A LOS SEMIVARIOGRAMAS DE LAS POBLACIONES DE TRIPS EN EL CULTIVO DE AGUACATE, CORRESPONDIENTES A LA PARCELA 2 PARA EL AÑO 2014 Y 2015.....	88
TABLA 4. . VALORES DE LOS ESTADÍSTICOS DE LA VALIDACIÓN CRUZADA DE LOS SEMIVARIOGRAMAS OBTENIDOS EN LOS MUESTREOS EN LA PARCELA 2 EN EL AÑO 2014 Y 2015: MEDIA DE LOS ERRORES DE ESTIMACIÓN (MEE), ERROR CUADRÁTICO MEDIO (ECM) Y ERROR CUADRÁTICO MEDIO ADIMENSIONAL (ECMA).....	90
TABLA 5. PARÁMETROS (EFECTO PEPITA, MESETA Y RANGO) DE LOS MODELOS AJUSTADOS A LOS SEMIVARIOGRAMAS DE LAS POBLACIONES DE TRIPS EN EL CULTIVO DE AGUACATE, CORRESPONDIENTES A LA PARCELA 3 PARA EL AÑO 2014 Y 2015.....	97
TABLA 6. VALORES DE LOS ESTADÍSTICOS DE LA VALIDACIÓN CRUZADA DE LOS SEMIVARIOGRAMAS OBTENIDOS EN LOS MUESTREOS EN LA PARCELA 3 EN EL AÑO 2014 Y 2015: MEDIA DE LOS ERRORES DE ESTIMACIÓN (MEE), ERROR CUADRÁTICO MEDIO (ECM) Y ERROR CUADRÁTICO MEDIO ADIMENSIONAL (ECMA).....	99
TABLA 7. PORCENTAJE DE SUPERFICIE INFESTADA Y NO INFESTADA DE LA PARCELA 1 PARA EL AÑO 2014 Y 2015.....	129
TABLA 8. PORCENTAJE DE SUPERFICIE INFESTADA Y NO INFESTADA DE LA PARCELA 2 PARA EL AÑO 2014 Y 2015.....	130
TABLA 9. PORCENTAJE DE SUPERFICIE INFESTADA Y NO INFESTADA DE LA PARCELA 3 PARA EL AÑO 2014 Y 2015.....	132
TABLA 10. PRUEBA ESTADÍSTICA DE T DE STUDENT CON SIGNIFICANCIA AL 0.025.....	134
TABLA 11. VALOR DE LOS ÍNDICES IA Y JA Y SUS RESPECTIVAS PROBABILIDADES PA Y QA EN POBLACIONES DE TRIPS EN LA PARCELA 1 PARA LOS AÑOS 2014 Y 2015.....	135
TABLA 12. VALOR DE LOS ÍNDICES IA Y JA Y SUS RESPECTIVAS PROBABILIDADES PA Y QA EN POBLACIONES DE TRIPS EN LA PARCELA 2 PARA LOS AÑOS 2014 Y 2015.....	137
TABLA 13. VALOR DE LOS ÍNDICES IA Y JA Y SUS RESPECTIVAS PROBABILIDADES PA Y QA EN POBLACIONES DE TRIPS EN LA PARCELA 3 PARA LOS AÑOS 2014 Y 2015.....	139
TABLA 14. COMPARACIÓN DE MAPAS (KRIGEADO) CON LA PRUEBA BIVARIABLE DE CRAMÉR-VON MISES (). PARA LA PARCELA 1 AÑO 2014 Y 2015.....	141
TABLA 15. COMPARACIÓN DE MAPAS (KRIGEADO) CON LA PRUEBA BIVARIABLE DE CRAMÉR-VON MISES (). PARA LA PARCELA 2 EN EL AÑO 2014 Y 2015.....	143
TABLA 16. COMPARACIÓN DE MAPAS (KRIGEADO) CON LA PRUEBA BIVARIABLE DE CRAMÉR-VON MISES (). PARA LA PARCELA 3 (TESTIGO) EN EL AÑO 2014 Y 2015...	144

I. INTRODUCCIÓN

El aguacate (*Persea americana* Mill.) es la cuarta fruta tropical más importante en el mundo, en México comprende una superficie de 175,939.76 hectáreas sembradas, las cuales generan 1, 520,694.50 toneladas de fruta, siendo México el principal productor a nivel mundial. El aguacate se cultiva en varias entidades de la República Mexicana, sobresaliendo los Estados de México, Michoacán, Morelos Nayarit y Puebla. El estado de México cuenta con 7420 hectáreas plantadas, las cuales representan el 1.74% del total (SIAP, 2014).

El cultivo de aguacate es afectado por diferentes problemas fitosanitarios que afectan su buen desarrollo, entre las plagas más importantes se encuentran las siguientes: Trips (*Thysanoptera*), Barrenador pequeño del hueso (*Conotrachelus perseae*, Barber), Barrenador grande del hueso (*Helipus lauri*, Boheman), Oruga barrenadora del hueso (*Stenoma catenifer*, Walshingam), Barrenador del tronco y ramas (*Copturus aguacatae* Kissinger), araña roja (*Oligonychus punicae*, Hirst), entre otras más (Coria 1993; González *et al.*, 2000).

Los Trips (Thysanoptera) han adquirido importancia para el aguacate, este insecto plaga se alimentan del fruto pequeño (Salgado 1993), y forman crestas o protuberancias sobre el pericarpio (González *et al.*, 2000). Las deformaciones son más visibles cuando el fruto madura (Fisher y Davenport 1989; González *et al.*, 2000) lo que ocurre con *Frankliniella* y *Neohydatothrips*, muy probablemente por larvas y adultos. Sin embargo, en las especies de *Scirtothrips*, las larvas y adultos causan daños en follaje tierno, provocando distorsión y cicatrices castaño oscuro a lo largo de la nervadura central de la hoja, en el envés. Algo similar ocurre con el fruto joven, que puede quedar completamente cubierto por una cicatriz castaño oscura, aunque comúnmente se observan cicatrices pequeñas, a veces alargadas (Hoddle 2002). Ascensión *et al.*, (1999) y Johansen *et al.*, (1999) afirmaron que éste síntoma asociado a trips aparece en el fruto pequeño, aunque no se ha precisado las etapas fenológicas más afectadas.

Las densidades del insecto se han incrementado año con año y el control químico ha sido poco eficiente en el manejo de estas poblaciones por lo que es necesario buscar alternativas que garanticen una disminución de esta plaga. La infestación de este insecto-plaga, hace importante implementar actividades que permitan conocer el impacto real que esta plaga tiene sobre el cultivo de aguacate, y sobre esa información aplicar medidas de control biológico que sean eficaces en el tratamiento de este problema.

El uso de diferentes alternativas en el control de los trips en los últimos años ha tomado mucha fuerza, por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue evaluar al insecto depredador *Orius insidiosus* como una alternativa de control biológico en el manejo de las poblaciones de trips en plantaciones de aguacate.

Los métodos geoestadísticos proporcionan una medida más directa de la dependencia espacial, ya que tiene en cuenta la naturaleza bidimensional de la distribución de los organismos a través de su exacta localización espacial, además permite elaborar mapas de gran utilidad de la distribución espacial de un organismo (Isaaks y Srivastava 1988; Rossi *et al.*, 1992; Sciarretta *et al.*, 2001; Blom y Fleischer 2001 y Ramírez *et al.*, 2002).

II. OBJETIVOS

GENERAL

- Evaluar el depredador *Orius insidiosus* en el control biológico de trips en el cultivo de aguacate.

ESPECÍFICOS

- Elaboración de mapas de densidad de trips en el cultivo de aguacate mediante la técnica del Krigeado.
- Establecer el porcentaje de superficie infestada en el cultivo de aguacate.

III. REVISIÓN DE LA LITERATURA

3.1 ORIGEN DEL AGUACATE

El aguacate es nativo del continente americano, el árbol se originó en México, Centro América hasta Colombia, Venezuela, Ecuador y Perú. La antigüedad registrada de restos fósiles de aguacate encontrados en el Valle de Tehuacán en el Estado de Puebla es de 8,000 años (Téliz y Marroquín 2007). México es el país con más amplia diversidad de tipos de aguacate con al menos 20 especies.

3.2 CLASIFICACIÓN BOTÁNICA

Reino: Plantae

Subreino: Tracheobionta

Superdivisión: Spermatophyta

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Magnoliidae

Orden: Laurales

Familia: Lauraceae

Género: Persea Mill.

Consultado mayo 2016: (<http://plants.usda.gov/core/profile?symbol=PEAM3>)

3.3 AGUACATE HASS

El aguacate Hass fue obtenido por una semilla de una planta guatemalteca en la Habra heights, California, Estados Unidos, por Rudilph Hass y patentado en 1935. Es la principal variedad comercial en el mundo (Teliz, 2000), muy desarrollada comercialmente en EUA y difundida en Israel, Islas Canarias, Sur de España, México y América del Sur. Posee 95% de las características de la raza guatemalteca y solamente el 5% de la raza mexicana. Esta variedad es altamente productiva, puede alcanzar alrededor de 16 toneladas por hectárea. La floración principal ocurre de diciembre a marzo y la cosecha de noviembre a abril. Ocasionalmente presenta una floración entre agosto y octubre, denominada loca por estar fuera del periodo normal. En general se estima que en la variedad Hass, en el período de flor a fruto oscila entre 9 y 14 meses, aumentando con la altura sobre el nivel del mar.

3.4 FASES FENOLOGICAS DEL AGUACATE

Fase vegetativa: La fase vegetativa del aguacate se esquematiza en cinco estados, de acuerdo a la evolución y desarrollo de las yemas vegetativas (Rodríguez, 1992).

- Yema terminal delgada y alargada, Yemas hinchadas, Brotes con 4-5 hojas, Brote juvenil rojo o rosado y Diferenciación de hojas.

Floración: La inflorescencia en aguacate se lleva a cabo en las ramas de un año de edad y en los brotes del mismo año. Por lo tanto, es de suma importancia realizar una poda adecuada para mantener o cuidar estas ramas secundarias y eliminar únicamente las ramas vegetativas (chuponas).

La floración del aguacate es típicamente lateral, es decir que la yema terminal de la rama se desarrolla en forma vegetativa, aunque este desarrollo será diferente según las variedades. Cada flor abre en dos momentos distintos y separados, es decir los órganos femeninos y masculinos son funcionales en diferentes tiempos. Por esta razón, las variedades se clasifican, con base en el comportamiento de la inflorescencia, en dos tipos A y B. en ambos tipos las flores abren primero como femeninas, cierran por un periodo fijo y luego abren como masculinas en su segunda apertura (Rodríguez, 1992).

Fructificación: Cuando termina el proceso de floración ya se ha producido la fecundación y las primeras divisiones celulares que le siguen, en este momento el fruto alcanza el estado fenológico de “amarre”, de ahí en adelante comienza el proceso de desarrollo del fruto, el cual culmina con la madurez final del mismo que tiene un tiempo variable. (Rodríguez, 1992).

El fruto pasa por tres fases distintas, las cuales son:

- I. La de multiplicación celular (duración de 10 – 15 días)
- II. El engrosamiento celular (duración variable)
- III. La maduración

Maduración del fruto: Una vez que se alcanza el volumen natural del fruto, la etapa final del desarrollo consiste en una serie de transformaciones físico-químicas a partir de las cuales culmina el proceso previo a la cosecha del producto, en el ciclo natural este se desprende cayendo y descomponiéndose (Rodríguez, 1992).

3.5 SITUACIÓN ACTUAL DEL AGUACATE MEXICANO

Las exportaciones mundiales de aguacate mexicano se han incrementado en los últimos años por la creciente demanda en algunos países y la apertura comercial. En los últimos años, países industrializados como EE.UU. y Japón han consolidado su demanda por esta fruta, siendo los principales países importadores de aguacate. EE.UU. es el principal importador de aguacate con 314 mil toneladas. Francia es el segundo país importador de aguacate con 94 mil toneladas. Países bajos, España, Reino Unido y Canadá, en conjunto captan el 36% de las importaciones mundiales, es decir una tercera parte del total de las mismas. Las importaciones del aguacate en los últimos años han desarrollado un crecimiento acelerado y la demanda del fruto va en aumento (SAGARPA, 2011).

3.6 TRIPS (INSECTA: THYSANOPTERA)

3.6.1 Descripción.

Los trips son pequeños insectos que pueden medir de 0.3 a 14 mm de longitud, de color blanco, amarillo pálido a castaño oscuro (Lewis, 1973; Johansen *et al.*, 1997). Una de sus características principales son los dos pares de alas largas que pueden llegar a cubrir el abdomen; son muy estrechas y presentan en sus márgenes pelos muy finos que forman flecos. Poseen un aparato bucal picador chupador. En general se les puede encontrar en poaceas, hojarasca, musgos, hongos y líquenes. La mayoría son fitófagos, aunque también existen especies depredadoras y parasitoides (Johansen *et al.*, 1997).

Existen aproximadamente 5000 especies conocidas de trips, los cuales se ubican en dos subórdenes y ocho familias. Sin embargo, son pocas las especies, especialmente de la familia Thripidae, que son plagas de diferentes cultivos (Lewis, 1973).

3.6.2 Ciclo Biológico

Los trips presentan cinco etapas de desarrollo en los del suborden *Terebrantia*: huevecillo, cuatro formas inmaduras (dos larvales, prepupa y pupa) y adulto mientras que en el suborden Tubulifera, la pupa tiene tres estadios: primipupa, prepupa y pupa. El desarrollo de huevecillo a adulto requiere, dependiendo de la especie y temperatura, entre 9 y 35 días.

En plantaciones de aguacate las más altas poblaciones de los trips se presentan en temporada de sequía, posteriormente durante el periodo de lluvias la población baja notablemente, para empezar de nuevo a aumentar cuando las lluvias se terminan. El pico poblacional de marzo a mayo corresponde al periodo de altas temperaturas (Sosa, 1998; González *et al.*, 1997).

3.6.3 Daños

El principal daño lo ocasionan por el rompimiento de las células epidérmicas de las plantas, por lo cual se origina el necrosamiento de estas áreas, que posteriormente son invadidas por bacterias y hongos (Johansen *et al.*, 1997).

Actualmente los trips son una de las plagas que han adquirido mayor importancia en los huertos comerciales de aguacate, ya que pueden provocar la malformación de los frutos, la caída prematura de éstos, así como también pueden provocar heridas en los tejidos vegetales al momento de alimentarse, por lo que estas lesiones pueden ser los puntos de entrada de otros microorganismos como el hongo causante de la roña del fruto del aguacate *Sphaceloma perseae*.

Las malformaciones superficiales en los frutos se deben a que, durante el desarrollo inicial de éstos, las heridas causadas por la alimentación de los trips provocan protuberancias superficiales en la cáscara de los frutos. Conforme estos frutos van madurando, estas deformaciones se hacen más visibles.

3.6.4 Especies

En el cultivo del aguacate se presentan de manera importante nueve especies de trips, de las cuales seis son fitófagas como *Frankliniella bruneri* (Watson), *Scirtothrips aguacatae* (Johansen y Mojica) *S. perseae* (Nakahara), *S. kupandae* (Johansen y Mojica), *Heliethrips haemorrhoidalis* y *Pseudophlothrips perseae* (Watson) y tres depredadoras como *Aeolothrips mexicanus*, *Franklinothrips vespiformis* (D. L. Crawford) y *Leptothrips mcconelli* (D. L. Crawford).

3.7 CONTROL BIOLÓGICO DE PLAGAS EN AGUACATE

El control biológico es uno de los métodos de control de plagas más amigables con el ambiente y la salud humana, además de ser una alternativa promisoriosa en los programas de manejo integrado de plagas (Rojas *et al.*, 2003). Dentro del control biológico, además de los microorganismos patógenos y parasitoides, actualmente los depredadores han sido los más empleados en el control de trips (Funderburk *et al.*, 2000).

El control biológico, en su origen, se fundamenta en la relación efectiva entre el enemigo natural y su víctima (hospedero o presa), por lo tanto, es esencial la identificación del organismo plaga y del agente que lo controla; es también fundamental determinar el lugar de origen de la plaga en cuestión, ya que los

enemigos naturales más efectivos de la misma se encuentran generalmente en el centro de origen de la plaga. (Manuel *et al.*, 2003).

Para que un programa de control biológico sea exitoso, los enemigos naturales deberán reducir las poblaciones de la plaga a un nivel donde al menos no causen daños económicos (Jervis y Kidd 1996).

Un agente de control biológico eficiente debe reunir ciertos atributos que permitan trabajar de manera óptima y disminuir las poblaciones del insecto plaga, entre estos atributos destacan los siguientes: alta capacidad de búsqueda, especificidad del hospedero, tasa de incremento alta, ausencia de refugios para la presa, aptitud y adaptabilidad, sincronización con el hospedero y su hábitat, aptitud denso-dependiente, y buena habilidad para competir (Stiling, 1993).

Los entomófagos durante mucho tiempo han sido el grupo más importante dentro del conjunto de organismos que ejercen su acción como enemigos naturales (Nilda Pérez, 2004). Los antocóridos son importantes en el control de diferentes plagas, debido a que presentan las características ideales que debe tener un agente de control biológico, tales como alta eficiencia de búsqueda de sus presas, capacidad de incrementar en tamaño poblacional rápidamente cuando la presa es abundante, capacidad de agregarse en zonas donde la densidad de presas es alta (Hodgson y Aveling 1988) y capacidad de sobrevivir con bajas densidades de presas (Bush *et al.*, 1993).

3.7.1 Antocóridos empleados en el control de trips

El género más reportado de antocóridos en el control de trips ha sido *Orius*, siendo *Orius insidiosus* (Say) un depredador efectivo, ya que depreda tanto a los estados inmaduros, como adultos (Ramachandran *et al.*, 2001; Chow *et al.*, 2010). Todos los estudios sobre este depredador se han realizado en su mayoría en Norte América y Europa, donde estas especies se comercializan como bio insumos para el control de trips.

3.8 ORIUS INSIDIOSUS

3.8.1 Descripción morfológica

El insecto *O. insidiosus*, también llamado la chinche de la flor, es una especie que pertenece a la familia Anthocoridae, del orden de los hemípteros, es una chinche que se considera un insecto beneficioso ya que es un depredador de otros insectos que pueden llegar a ser plagas en los cultivos agrícolas.

Los adultos de *O. insidiosus* son aplanados con un pico (rostro) largo y móvil que puede doblar bajo su cuerpo, los ojos rojos son típicos. Las especies más utilizadas son de color marrón a negro con manchas blancas grisáceas en los élitros. Las hembras miden unos 3 mm, y los machos son un poco más pequeños.

3.8.2 Ciclo biológico de *Orius insidiosus*

Una hembra pone 1 a 3 huevos por día incrustándolos en los tejidos del pecíolo foliáceo, del pedúnculo de una flor, o de la vena principal del envés de la hoja. De esos huevos transparentes o blancos de 0,4 mm de largo, surgen las ninfas aproximadamente 5 días después. Hay 5 estadios ninfales que poseen ojos compuestos rojo brillante. El 1^{er}, 2^{do} y 3^{er} estadio ninfal son amarillentos y tienen una distintiva glándula odorífera naranja y dorsal sobre el tercer, cuarto y quinto segmento abdominal. El cuarto y quinto estado ninfal son de color carmelita claro a oscuro y la glándula odorífera dorsal es mucho menos discernible que en los estados más tempranos. Todos los estados ninfales poseen ojos compuestos rojo-brillantes (Elina M. *et al.*, 2010).

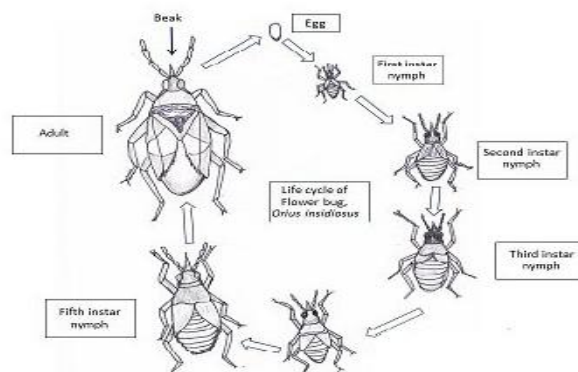


Figura 1. Ciclo biológico de *Orius insidiosus*

En el dimorfismo sexual se determinó que las diferencias fundamentales se encuentran en las hembras que son más robustas y de mayor longitud que los machos y en la parte ventral de los tres últimos segmentos abdominales de la hembra aparece el aparato ovopositor, el cual es claramente visible. El depredador *Orius insidiosus* consume en promedio de 20 a 22 trips en diferentes estados de desarrollo (Elina M. *et al.*, 2010).

El tiempo total del desarrollo inmaduro desde huevo hasta la emergencia del adulto es de 15 a 23 días, esto va de la mano con las temperaturas, a temperaturas bajas el tiempo de desarrollo puede ser mayor (Avellaneda, 2013).

3.9 DISTRIBUCION ESPACIAL DE LOS INSECTOS PLAGA

El adecuado control de insectos plaga es uno de los aspectos más importantes en el manejo de cualquier cultivo, tanto desde el punto de vista económico como ecológico (Castela *et al.*, 1999; Mazza *et al.*, 1996; Hall *et al.*, 1997). Un correcto control va estrechamente ligado al conocimiento de la distribución espacial del insecto.

Las interacciones que determinan la distribución y abundancia de los insectos plaga en el campo son muy complejas y responden a factores intrínsecos y extrínsecos (Taylor y Woiwod, 1980). En muchos casos, estos cambios son el resultado de la acción del hombre.

Los factores que afectan la distribución espacial y la dinámica poblacional de los insectos plaga son diversos, variando en intensidad entre períodos de recolección de datos y entre sitios. Algunos de estos factores son la fecundación de las hembras, los enemigos naturales, la competencia, las condiciones climáticas, las enfermedades, la dispersión y migración y la calidad del alimento (Taylor *et al.*, 1983).

El conocimiento de la distribución espacial de las poblaciones de insectos plaga es de gran importancia para la elaboración de programas de manejo integrado. Tal conocimiento permite el desarrollo exacto y eficiente de métodos de muestreo, de tácticas de control y de valoraciones de riesgo (por ejemplo: perfil de áreas que probablemente tengan poblaciones altas de insectos plaga y pérdidas económicas) (Taylor, 1961; Boiteau *et al.*, 1979; Ruesink, 1980 y Taylor, 1984). Las relaciones espaciales de los insectos son a menudo manifestaciones de las características y necesidades biológicas inherentes de la especie, influidas por la planta hospedadora y el medio ambiente (Taylor, 1984). La densidad de los insectos también puede jugar un papel importante en la determinación del tipo de relación en una cierta distribución espacial. En algunos insectos un aumento de su densidad puede cambiar su distribución espacial (Taylor y Woiwod, 1980; Trumble *et al.*, 1983 y Nowierski y Gutierrez, 1986 y Faleiro *et al.*, 2002). El conocimiento de cómo las densidades de los insectos y sus distribuciones espaciales cambian en el tiempo, puede ser de gran importancia en el desarrollo de métodos precisos de muestreo en el campo y sus consiguientes beneficios (Kuno, 1991).

3.10 ESTADÍSTICA ESPACIAL

El término estadística espacial, en su sentido más amplio, engloba todo análisis estadístico con dimensión espacial. Las técnicas de análisis de la estadística espacial son relativamente recientes y forman parte de una rama de investigación muy activa y que está siendo aplicada no sólo en la minería, donde surgió, sino también en muchos otros campos y muy diversos: Hidrología, geología, silvicultura, meteorología, edafología, ingeniería forestal, epidemiología, climatología, industrias petrolíferas, ciencias ambientales, experimentos agrícolas, topografía, cartografía, etc.

Los métodos comúnmente utilizados en la estadística “clásica” para el estudio de las distribuciones espaciales de los organismos se basan en el uso de las distribuciones estadísticas e índices de dispersión, y por consiguiente no tienen en cuenta la exacta localización espacial de la muestra. Ello produce ciertos efectos indeseables: estos métodos en ocasiones fallan al diferenciar patrones espaciales

diferentes, y sus descripciones de los patrones espaciales son altamente dependientes del tamaño de las unidades de muestreo y de la relación entre la media y la varianza (Sawyer, 1989; Hurlbert, 1990) y no tienen en consideración toda la información espacial disponible. A causa de estos problemas y la disponibilidad de paquete estadísticos apropiados, se ha incrementado el interés en el uso de distintas ramas de la estadística espacial. Una de las ramas más frecuentemente utilizada es la Geoestadística que tiene la ventaja de caracterizar la distribución espacial en un espectro de escalas y direcciones múltiples, además de ser independientes de la relación entre la media y la varianza.

Los métodos geoestadísticos proporcionan una medida más directa de la dependencia espacial, ya que tienen en cuenta la naturaleza bidimensional de la distribución de los organismos a través de su exacta localización espacial. La Geoestadística, además, permite elaborar mapas de gran utilidad de la distribución espacial de un organismo (Isaaks y Srivastava, 1988; Oliver y Webster, 1991; Rossi *et al.*, 1992; Liebhold *et al.*, 1993; Midgarden *et al.*, 1993; Wallace y Hawkins, 1994; Brenner *et al.*, 1998; Estrada, 1998; Liebhold y Sharov, 1998; Speight, *et al.*, 1998; Sciarretta *et al.*, 2001 y Blom y Fleisher, 2001).

Otra metodología espacial próxima a la Geoestadística que ha sido desarrollada recientemente es el llamado Análisis Espacial por Índices de Distancia (SADIE). Esta metodología también permite el desarrollo de mapas de distribución (Perry, 1995b).

3.10.1 Antecedentes de la Geoestadística

El nacimiento de la geoestadística como una herramienta para resolver problemas prácticos en ingeniería de minas está bien documentado (Matheron, 1962).

Como antecedentes suelen citarse los trabajos de Sichel (1947 y 1949) y Krige (1951). El primero observó la naturaleza asimétrica de la distribución del contenido de oro en las minas sudafricanas, la equiparó a una distribución log normal y desarrolló las fórmulas básicas para esta distribución. Ello permitía una primera

estimación de las reservas, pero suponía implícitamente que los datos eran independientes, en clara contradicción con la experiencia de que existen “zonas” más ricas que otras. Una primera aproximación a la solución de este problema fue dada por Krige que propuso una variante del método de medias móviles que pueden considerarse equivalente al del krigeado simple que, como se describirá más adelante en material y métodos, es uno de los métodos básicos de interpolación lineal. Sin embargo, la formulación rigurosa de la teoría vino de la mano de Matheron, en 1962, y su grupo en la Escuela de Minas de Paris (Samper y Carrera, 1996).

Matheron (1962) padre de la Geoestadística en su forma actual, la definió como “la aplicación del formalismo de las funciones aleatorias al reconocimiento y estimación de fenómenos naturales”. La función aleatoria se puede visualizar como una variable aleatoria definida en todos los puntos del espacio, o lo que es igual, cada realización de la función aleatoria es una función espacial. Según Journel (1986), el concepto de función aleatoria es la “piedra angular” de la Geoestadística. Menciona que este concepto hay que entenderlo más como un modelo que como un ente con una significación física.

Entendiendo como un modelo de la realidad física, el concepto de función aleatoria proporciona la herramienta más completa para el análisis de muchos fenómenos naturales distribuidos espacialmente. Lo característico de las funciones aleatorias es que cada realización se puede concebir como suma de una componente estructurada y otra aparentemente errática (Chica Olmo *et al.*, 1995., Ortiz y Emery, 2006). La componente estructurada es la que permite asegurar que, si nos encontramos en una zona en que se han realizado varias medidas por encima de lo normal, lo más probable es que las medidas adicionales también sean altas. La componente aleatoria es la que impide predecir con exactitud el valor de dichas hipótesis medidas (Chilés y Delfiner, 1999 y Emery, 2005). Es necesaria una formulación del problema que tenga en cuenta los dos componentes de las funciones aleatorias, de tal forma que sea posible una representación simple de la

variabilidad espacial, que sea consistente desde un punto de vista teórico y operativo desde un punto de vista práctico (Chica Olmo *et al.*, 1995). A este respecto, Matheron (1971) propone dos métodos: el método transitivo y el método basado en la teoría de las funciones aleatorias. El método transitivo es absolutamente general y se basa en consideraciones determinísticas. El método basado en la teoría de las funciones aleatorias introduce una interpretación probabilística de la variable regionalizada y requiere una serie de hipótesis acerca de la función aleatoria (estacionalidad, etc.). Desde un punto de vista teórico ambos métodos conducen a resultados equivalentes, lo cual es importante desde un punto de vista metodológico. Sin embargo, según Matheron el método de las funciones aleatorias es preferible por dos motivos:

a) El enfoque probabilístico permite tener en cuenta las fluctuaciones erráticas de la variable regionalizada.

b) Aunque el método transitivo es absolutamente general, requiere ciertas hipótesis a la hora de calcular las varianzas de estimación. El significado epistemológico de estas hipótesis resulta ser idéntico a la necesidad de considerar la esperanza matemática. Por tanto, dado que no es realmente posible evitar la interpretación probabilística parece más adecuado considerarla explícitamente.

El formalismo de las funciones aleatorias se aplica principalmente al estudio y caracterización de fenómenos naturales, lo que conduce a varios tipos de aplicaciones de las técnicas geoestadísticas (Goovaerts, 1997). El primero es la estimación a partir de un conjunto de medidas. La innovación de la Geoestadística es que permite obtener no sólo la estimación sino también una medida de incertidumbre. La estimación suele producir mapas que son más “suaves” que la realidad. Por ello, en los casos en que la variabilidad espacial sea de interés es necesario recurrir a técnicas de simulación (segundo grupo de aplicaciones de la Geoestadística), a fin de obtener realizaciones plausibles de la variable estudiada. Otro tipo de aplicaciones son las que resultan del hecho de que, al proporcionar medidas sobre la incertidumbre de la estimación, la Geoestadística constituye un

marco ideal para seleccionar la ubicación de puntos de muestreo de forma que se minimice la incertidumbre de estimación. Sobre esta base, el número de aplicaciones a que da lugar en cada rama del conocimiento resulta innumerable (Rivoirard *et al.*, 2000, Webster y Oliver, 2001).

Desde la minería, las técnicas Geoestadísticas se han exportado a otros muchos campos y, como técnica parece haber alcanzado su madurez. De hecho, en la actualidad, los ámbitos de aplicación de la Geoestadística abarcan la Minería, la Industria Petrolífera, la Geología, la Meteorología y Climatología, la Cartografía de suelos y Edafología, la Hidrología y Geohidrología, la Silvicultura, la Ecología, la Patología vegetal, la Epidemiología, la Entomología, las Ciencias Ambientales, la remediación de suelos contaminados y la Salud Pública (Chilés y Delfiner, 1999). La interpretación probabilística de una variable regionalizada $z(x)$ como realización de una función aleatoria $Z(x)$ tiene sentido operativo sólo si es posible inferir, al menos en parte, la función de distribución o ley de probabilidad de $Z(x)$. En general, no es posible la inferencia estadística a partir de una sola realización, de la misma manera que no es posible reconstituir la función de distribución de una variable aleatoria a partir de una sola observación. Para hacer posible la inferencia estadística, se hace imprescindible introducir hipótesis adicionales acerca de $Z(x)$ para poder reducir el número de “parámetros” de los que depende la función de distribución. Estas hipótesis tienen que ver con la homogeneidad espacial de la función aleatoria. Por ejemplo, suponer que la función aleatoria es estacionaria puede pensarse como equivalente a que la función aleatoria se “repita” en el espacio y esta “repetición” proporciona la información equivalente a muchas realizaciones de la misma función aleatoria, permitiendo de esta forma la posibilidad de la inferencia estadística (Oliver y Webster, 1991).

A este mismo aspecto se refieren Goovaerts (1997) y Houlding (2000), al decir que las funciones aleatorias tienen distribuciones multidimensionales, por lo que hay que establecer una hipótesis sobre las características de estas distribuciones. Se introduce la hipótesis de estacionalidad, suponer estacionalidad es importante para

poder tratar los datos en diferentes puntos como si fueran realizaciones diferentes de la propiedad. Estacionalidad significa que la función de distribución del proceso aleatorio tiene características que son iguales en todos los puntos (primer y segundo momento). Esta hipótesis supone que la media es constante en todos los puntos (estacionalidad de primer orden), que la varianza es finita y constante en todos los puntos (estacionalidad de segundo orden) y que la covarianza tan sólo depende de la separación (h) entre dos puntos y no de su posición absoluta.

Por otro lado, con el objeto de facilitar la inferencia estadística de una función aleatoria $Z(x)$ suele ser conveniente introducir la hipótesis de ergodicidad. En su forma más general, se dice que un proceso es ergódico si se pueden determinar todos sus estadísticos a partir de una sola de sus realizaciones. Por ejemplo, si la función aleatoria $Z(x)$ es una propiedad de un acuífero, cada realización de la función aleatoria puede interpretarse como un acuífero distinto. Por tanto, el conocimiento de la esperanza matemática $E[Z(x_0)]$, o de cualquier otro estadístico de Z , requeriría conocer el valor de dicha propiedad en el punto x_0 en cada uno de los distintos acuíferos. En la práctica, sólo se puede disponer de información en un *único* acuífero (una sola realización). La hipótesis de ergodicidad surge como una forma de soslayar esta dificultad ya que la estimación de los estadísticos de Z , puede expresarse como la media de los valores observados en un único acuífero (Samper y Carrera, 1996; Rivoirard *et al.*, 2000).

3.10.2 Geoestadística aplicada a estudios entomológicos

La aplicación de los métodos geoestadísticos para cuantificar los patrones espaciales en los estudios entomológicos es relativamente nueva, actualmente hay pocos ejemplos en la literatura entomológica.

A continuación, se detallan algunos trabajos de investigación en los cuales se utilizaron las herramientas geoestadísticas con el fin de determinar la distribución espacial de los insectos plaga.

Brandhorst-Hubbard *et al.*, (2001), elaboraron mapas de distribución espacial de las poblaciones de invertebrados del suelo, muestreados por métodos acústicos y por conteo directo en excavaciones, para ello elaboraron semivariogramas para las especies de invertebrados del suelo (la mayoría de ellos eran Coleópteros) y utilizaron la técnica del krigado para obtener las estimaciones de la población de estos organismos, necesarias para elaborar los mapas correspondientes. El trabajo fue realizado en dos ocasiones en un campo de heno de Grove Hill y en una ocasión en un campo de heno de Auburn, ambas localidades situadas en Alabama. Los mapas elaborados utilizando los datos obtenidos del método por excavación y por el método de muestreo acústico se compararon, para ello se correlacionaron las estimaciones (obtenidas por krigado) de los invertebrados del suelo contados por medio de la excavación, con las estimaciones (obtenidas por krigado) del conteo de sonidos por minuto. En la localidad de Auburn, ambas estimaciones estuvieron positivamente correlacionadas.

Moral (2004) utilizó técnicas geoestadísticas aplicadas al análisis de la distribución de capturas de *Helicoverpa armígera* mediante trampas de feromonas sexuales en una plantación de tomate, a partir de 112 trampas con feromonas. Con el uso de estas técnicas (Krigado) se consiguió representar diariamente las distribuciones espaciales de las capturas, lo que permitió analizar su evolución temporal. La modelización mediante semivariogramas teóricos de tipo esférico o exponencial, con un importante efecto pepita, denotaron la notable oscilación de las densidades de capturas de la parcela. Se realizaron estimaciones en una gran cantidad de puntos no muestrales, lo cual sirvió de base para la elaboración de mapas de distribución de las capturas, para los días considerados. Con esta información hicieron una propuesta de reparto de feromonas en la plantación ya sea con vistas al seguimiento de la plaga o a un posible desarrollo de métodos biotécnicos de control.

Solares *et al.*, (2011) realizaron un trabajo que tuvo por objetivo determinar la distribución espacial de las poblaciones de trips en aguacate mediante el uso de técnicas de geoestadísticas que condujeron a la generación de mapas por medio

del krigeado. Los resultados demostraron que las poblaciones de trips presentan una distribución de tipo agregada, que fue corroborada por los mapas de densidad. Las infestaciones no se distribuyeron en el 100% de la superficie de las dos parcelas experimentales, lo cual resulta interesante para dirigir las medidas de control sobre áreas específicas de infestación. Se logró determinar estabilidad espacial y temporal a corto plazo de las poblaciones de trips.

Ramírez *et al.*, (2011) realizaron un trabajo que tuvo por objetivo comparar la distribución espacial en campo, a través de la generación de mapas, de los estadíos preimaginales y adultos de *B. cockerelli* obtenidos en transectos y cuadrantes en un cultivo de papa utilizando herramientas geoestadísticas. Las técnicas geoestadísticas permitieron modelar la distribución espacial de las poblaciones de preimaginales (huevos y ninfas) y adultos del insecto, que fue de tipo agregada, tanto en el muestreo por transectos como en el de cuadrantes. Los mapas tanto en el muestreo de cuadrantes como de transectos reflejaron la estructura agregada de las poblaciones del insecto el cual no invadió el 100% de la superficie de la parcela, permitiendo identificar áreas infestadas y libres de infestación.

La herramienta utilizada para este trabajo fue el navegador GPS el cual se describe a continuación:

Sistema de Posicionamiento Global (GPS)

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS), diseñado por el departamento de defensa de los EE.UU. con fines militares, se basa en una constelación de 24 satélites que están en órbita alrededor de la Tierra a gran altitud. La altura a la que se encuentran los satélites es suficiente como para no presentar los graves inconvenientes de otros sistemas con base en la Tierra o con órbita muy baja (Hofmann y Collins, 1994).

Los sistemas GPS (Figura 2) utiliza una tecnología precisa que define posiciones casi exactas en cualquier lugar del mundo durante las 24 horas del día. El sistema calcula la posición de un receptor que se encuentra situado en la Tierra midiendo la distancia del mismo a un grupo de satélites. Esta distancia se calcula a partir del

tiempo que tarda una señal de radio emitida por un satélite. Aunque pueda parecer que este tipo de localización es muy precisa hay errores asociados a las señales de radio, un método de corrección lo suministra el GPS diferenciales (DGPS) (Figura 6) (Weber y Tiwari 1995). En este caso se dispone de un receptor GPS ubicado en una posición conocida de la Tierra, de modo que la diferencia entre la posición calculada y la verdadera situación del receptor es lo que permite conocer la corrección que debe hacerse y esta se transmite a otros receptores GPS cercanos (hasta 100Km.). El uso de DGPS obliga, al menos inicialmente, a disponer de una antena base fija que será a partir de la cual se recibirán las correcciones diferenciales. Otro método de recibir correcciones diferenciales es a través de empresas que las transmiten, este es el caso en España de Radio Nacional que transmite las correcciones diferenciales en frecuencia modulada (sistema RASANT).



Figura 2. GPS utilizado en los muestreos

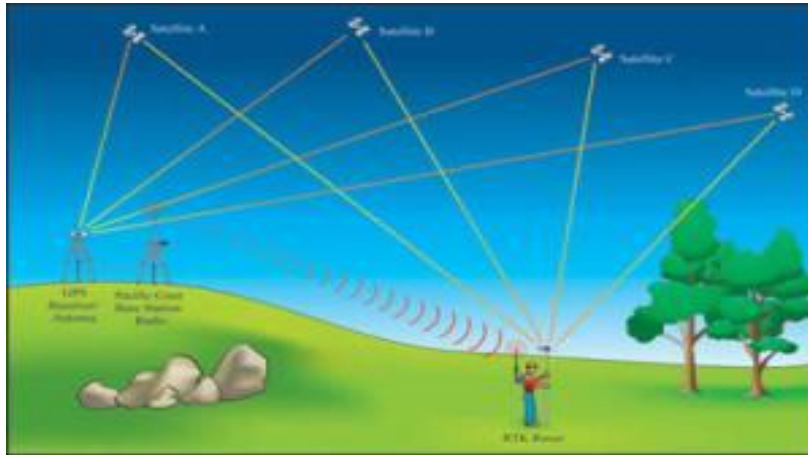


Figura 3. Diferencial GPS en tiempo real

3.11 ANÁLISIS ESPACIAL POR ÍNDICES DE DISTANCIA (SADIE)

Dentro de los nuevos desarrollos de la estadística espacial ha aparecido recientemente una nueva metodología llamada SADIE (Análisis Espacial por Índices de Distancia) que ha sido desarrollada por el Dr. Joe N. Perry del Dpto. de Entomología y Nematología de Rothamsted Experimental Station (Reino Unido). SADIE identifica el modelo espacial para datos bidimensionales, con un índice asociado de la agregación y de una prueba para la desviación de la aleatoriedad basada en un algoritmo de atracción, el cual incorpora un modelo biológico para la dispersión de individuos de un origen en el que a cada individuo se le asigna un territorio dinámico (Perry, 1995b; Perry *et al.*, 1996). Con este método se hace uso de los datos concernientes a cada muestreo y no hay restricción en la ubicación de las unidades muestrales.

SADIE es una herramienta para el análisis de datos espacialmente explícitos en una o dos dimensiones (ej. transectos y superficies) basada en índices de distancia. Aunque ha sido específicamente diseñada para el análisis de conteos (p. ej. Número de insectos por planta), SADIE puede utilizarse además con datos binarios y variables ordinales y continuas previamente categorizadas. Entre las principales virtudes de SADIE se encuentran su simplicidad de uso para realizar todos los análisis, su sencilla base matemática, la utilización de pruebas estadísticas para evaluar la significación de los patrones espaciales observados y la posibilidad de

representar visualmente los resultados obtenidos con su aplicación, lo que facilita enormemente su interpretación. Otras características de interés de SADIE son el hecho de que tiene en cuenta la localización espacial de los datos, éstos no necesitan seguir ninguna distribución determinada y los resultados obtenidos están condicionados únicamente por la heterogeneidad presente en los datos. Utilizando una serie de índices de distancia, SADIE permite caracterizar el patrón espacial de una variable dada dentro de la zona de estudio (distinguiendo fundamentalmente tres tipos de patrón espacial: agregado, regular o aleatorio) y estimar la contribución de cada punto de muestreo al patrón espacial global. SADIE también permite evaluar estadísticamente los patrones de asociación/disociación espacial de dos variables en la zona de estudio, siempre que los datos de ambas hayan sido tomados en las mismas coordenadas, y generar índices de asociación/disociación local para cada punto de muestreo que pueden ser representados gráficamente mediante mapas (Maestre y Quero, 2008)

Las técnicas del SADIE se desarrollaron específicamente para realizar análisis espaciales de datos de poblaciones ecológicas agregadas, especialmente de datos recolectados en lugares con referencia espacial, los cuales tienen un patrón dinámico y desigual, donde frecuentemente hay una alta proporción de valores cero en el muestreo y la abundancia puede tener una estructura de covarianza no estacionaria (caso que no contempla la Geoestadística). Perry *et al.*, (1999) han extendido estos métodos para proporcionar un índice de agregación para cada una de las unidades muestrales, para medir el grado en el cual contribuye cada observación por unidad de muestreo a la agregación total. Además, los grupos se identifican separadamente, ya sea como anexos o como apartados. Estas técnicas también han sido utilizadas para proporcionar índices y pruebas de asociación espacial (Perry, 1998).

El objetivo de SADIE es establecer el modelo espacial de una población muestreada midiendo la distancia a la cual pueden desplazarse los individuos de la muestra observada. Perry y Hewitt (1991) desarrollaron un índice que utilizaba los datos colectados dentro de una cuadrícula ya preestablecida antes del muestreo,

determinando que era un índice biológicamente más descriptivo e informativo de la distribución espacial de las poblaciones de insectos que el índice de dispersión, el cual depende directamente de la abundancia de la población. Perry (1995a) indicó que para datos recolectados en ubicaciones específicas el uso de la distancia para la regularidad es muy adecuado. El demostró cómo distinguir no aleatoriedad en la forma de heterogeneidad estadística, de la no aleatoriedad espacial. Perry (1995b) desarrolló y extendió el uso del índice de la distancia para la regularidad (I_a) para el establecimiento de la estructura espacial de las poblaciones de insectos. Además, introdujo dos diagramas de diagnóstico como ayuda a la interpretación y un índice nuevo para estimar el número de focos de agrupamiento de una población, el índice J_a . Además, señaló que la escala de muestreo es un determinante importante del patrón espacial total. Alston (1996) corroboró que la distancia para la regularidad (D) proporciona bases más adecuadas para elaborar un índice, ya que el índice de agrupamiento desarrollado por Perry y Hewitt (1991) tiene serias limitaciones para detectar múltiples grupos, amontonamientos o parches.

3.11.1 SADIE aplicado a estudios entomológicos

Actualmente, ésta metodología se está utilizando con éxito en el análisis de la distribución espacial de insectos de importancia económica (Perry y Klukowski, 1997; Winder *et al.*, 1999; Holland *et al.*, 2000) en las que indican haber encontrado distribuciones agregadas y que las distribuciones espaciales entre muestras consecutivas estuvieron fuerte y positivamente asociadas, lo que indica una estabilidad de los focos de localización en escalas de tiempo corto. En muchos casos detectaron que las asociaciones positivas entre las distribuciones de las muestras se mantuvieron por periodos de tiempo prolongado, lo que demostró una estabilidad de los focos. Finalmente, mencionaron que identificar las causas fundamentales de la distribución de las poblaciones de insectos tiene implicaciones importantes en el manejo de hábitat, para aumentar las poblaciones de depredadores benéficos y para regular las aplicaciones de insecticidas dentro de la agricultura de precisión y con ello disminuir sus efectos adversos.

A continuación, se detallan algunos ejemplos de trabajos realizados utilizando esta técnica para determinar la distribución espacial de poblaciones de insectos.

Bohan *et al.*, (2000) realizaron un trabajo de investigación sobre la dinámica espacial de la depredación del escarabajo *Pterostichus melanarius* (Illiger) sobre las babosas. Los escarabajos y las babosas se muestrearon a través de una serie de mallas anidadas de puntos de muestreo, sobre un campo de trigo de invierno durante los meses de junio y julio de 1997. Encontraron que la distribución espacial de todas las babosas en junio fue variable, paso de ser al azar en la escala de 0.25 m, a ser agregada a 1m, y nuevamente al azar a 4m, en la escala más alta la de 16 m las babosas se agregaron espacialmente de forma significativa. Mencionan que la distribución de los escarabajos en junio también fue espacialmente dinámica, con observaciones al azar en las escalas de 4 y 8m. En la escala de 16m observaron una agregación significativa. Encontraron que la distribución dinámica de las babosas y los escarabajos a los 16 m no estaba asociada, y que esto no fue determinado por los factores del suelo y del cultivo. Al comparar las poblaciones de babosas y escarabajos hallaron, sin embargo, que las distribuciones de ambos a los 16m estuvieron asociadas dinámicamente una con la otra.

Ferguson *et al.*, (2001) investigaron la distribución espacio-temporal de los adultos de *Ceutorhynchus assimilis* Payk. (Coleoptera: Curculionidae) capturados en una malla rectangular de trampas aéreas en un cultivo de ajonjolí. La distribución de los adultos de este insecto la compararon con la de sus larvas y con la de su parasitoide *Trichomalus perfectus* (Walker) (Hymenoptera: Pteromalidae). Los autores hallaron que la distribución de los adultos de *C. assimilis* que inmigraron fue consistente en su llegada a las fronteras del cultivo y en el movimiento dentro del cultivo hacia su centro. Detectaron que los adultos de *C. assimilis* estuvieron agregados todo el tiempo, iniciando la invasión en dos frentes, dirigidos a la formación de dos grupos mayores dentro del cultivo. Mencionan además que grandes áreas del cultivo permanecieron relativamente sin población de este insecto. Los autores encontraron que la distribución de los adultos y de las larvas de *C. assimilis* y de las

larvas de su parasitoide *T. perfectus* estuvieron espacialmente asociadas. Por otro lado, detectaron que la distribución del parasitoide no mostró una densidad dependiente con la de su hospedero.

Fernández *et al.*, (2000) estudiaron la densidad, distribución y dispersión del escarabajo *Nebria brevicollis* en dos campos adyacentes de cereal. Ellos determinaron la distribución de este escarabajo en base a 4 muestreos realizados en el otoño de 1994, en las fechas del 7, 12 y 21 de octubre y en la fecha del 3 de Noviembre, empleando para ello el método de captura-recaptura. En un principio lograron marcar 3560 escarabajos y de ellos recapturaron 1887 en trampas colocadas y extendidas 32 m entre setos previamente localizados, en dos campos de cereal recientemente cosechados. En cuanto a la distribución de los escarabajos los autores utilizaron el análisis espacial por índices de distancia (SADIE). Señalaron que los índices de agregación que ellos obtuvieron utilizando 200 simulaciones por prueba, indicaron una agregación en todos los datos que recolectaron. De ellos, los datos del 7 de octubre fueron los que presentaron una agregación significativa.

Analizaron la estabilidad temporal de los patrones de agregación utilizando también pruebas del SADIE por asociación, mediante 200 simulaciones por prueba, con base a estos resultados detectaron distribuciones agregadas en muestras sucesivas y además entre todos los pares de comparaciones se estableció una asociación espacial.

Thomas *et al.*, (2001) estudiaron la agregación y la estabilidad temporal de las distribuciones de escarabajos de la Familia Carabidae en campos de cultivo y en un hábitat de setos. Los autores muestrearon 156 localidades en un cuadrante con trampas de aproximadamente una hectárea, que comprendía un hábitat de setos y las partes adyacentes de dos campos cultivables. Las trampas las monitorearon entre junio y Noviembre de 1994 para obtener los datos necesarios para establecer las distribuciones espacio temporales de seis especies de escarabajos. Estos autores utilizaron el análisis espacial por índices de distancia (SADIE) para obtener los índices de agregación y determinar a diferentes tiempos la distribución de las

especies de escarabajos. Hallaron que cada especie estuvo agregada la mayor parte del tiempo, pero las especies se distribuyeron en focos dentro del campo de cultivo y/o el hábitat de setos con extensiones diferentes y variables. Indican que las fronteras del campo fueron importantes para algunas especies, siendo el único lugar en el que detectaron *Amara spp.*, el foco mayor de la distribución de *Harpalus rufipes* y el refugio estacional de *N. brevicollis*. Encontraron que las distribuciones espaciales entre muestras consecutivas estuvieron fuerte y positivamente asociadas, lo que indica una estabilidad de los focos de localización en escalas de tiempo corto. Señalan que la fuerza de la asociación estuvo correlacionada con la actividad-densidad. En muchos casos detectaron que las asociaciones positivas entre las distribuciones de las muestras se mantuvieron por periodos de tiempo prolongado, lo que demostró una estabilidad de los focos. Finalmente, mencionaron que identificar las causas fundamentales de la distribución de las poblaciones de insectos tiene implicaciones importantes en el manejo del hábitat, para aumentar las poblaciones de depredadores benéficos y para regular las aplicaciones de insecticidas dentro de la agricultura de precisión y con ello disminuir sus efectos adversos.

Ramírez *et al.*, (2010) determinaron la distribución espacial de las poblaciones de larvas del mosquito verde *Jacobisca lybica* en una parcela experimental en Andalucía, España. Sus resultados demostraron que las poblaciones de larvas presentaron una distribución en agregados, esto se observó en los mapas que elaboraron mediante el krigeado, también determinaron que el grado de infestación no alcanzó el 100% de la parcela experimental.

Pérez *et al.*, (2010) realizaron el estudio de la dinámica espacial de los adultos del gusano blanco *Premnotrypes vorax* en dos cultivos comerciales de papa durante 18 semanas durante estos periodos registraron el número de adultos capturados semanalmente en 25 trampas de caída dispuestas en un diseño en cuadrícula. Además, realizaron la evaluación de los niveles de daños ocasionados por el insecto en tubérculos cosechados. Utilizando SADIE se determinaron: Los patrones y estabilidad temporal de la distribución espacial de los adultos y la asociación

espacial entre la distribución de los adultos y la distribución de la incidencia de daño en tubérculos. Los análisis sugieren una distribución agregada de los adultos en la mayoría de las fechas evaluadas y una estructura espacial temporalmente estable. La asociación espacial entre el patrón de distribución de los adultos con la incidencia de daño en tubérculos fue significativa. Estos resultados sugirieron fue posible utilizar estrategias de control dirigidas hacia los focos específicos de infestación.

Análisis del patrón espacial de variables individuales

A grandes rasgos, una variable determinada puede tener fundamentalmente tres tipos de patrón espacial: agregado, regular o aleatorio. Utilizando una serie de índices de distancia, y apoyándose de forma importante en representaciones gráficas, SADIE permite caracterizar el patrón espacial de una variable dada dentro de la zona de estudio, así como estimar la contribución de cada punto de muestreo al patrón espacial global. En este apartado se presenta de una forma sucinta la base matemática subyacente al cálculo de los principales índices, un aspecto que es importante conocer para poder interpretar de forma adecuada los resultados producidos por SADIE, así como para evaluar las ventajas e inconvenientes de esta técnica.

Índices I_a y J_a

En el presente trabajo se utilizó el índice basado en la distancia para la regularidad I_a y el índice J_a , basado en la distancia del agrupamiento Perry (1995a,b) para establecer el modelo de distribución de las poblaciones de trips en cada una de las parcelas experimentales.

Estimación de los índices I_a y J_a

Los datos recolectados en una cuadrícula prediseñada (conformada por unidades de muestreo), se asumen como un sistema de conteo de individuos, donde $i = 1, \dots, n$ unidades de muestreo. Se asume además por ser conocidas la posición bidimensional (x_i, y_i) de cada unidad de muestreo y su conteo asociado, N_i . La distancia para la regularidad, D , es el valor mínimo de la distancia total que los individuos en la muestra pueden haberse movido, de una unidad de muestreo a

otra, de modo que todas las unidades de muestreo contuvieran un número idéntico de individuos. La solución se refiere a la manera óptima en la cual los individuos se moverían desde cada unidad de muestreo con un conteo inicial más grande que la media, a otras unidades de muestreo con un conteo inicial más pequeño que la media. Si entonces los conteos observados se permutan aleatoriamente entre las unidades de muestreo, de modo que la muestra que resulta sea un cambio o reajuste simple de la original, entonces P_a (probabilidad de agregación) representa la proporción de muestras seleccionadas al azar con distancia para la regularidad tan grande como, o más grande que, el valor observado, D . Intuitivamente, con un valor grande de D podría esperarse que estuviera implicado un agregamiento o un agrupamiento, por ejemplo, un patrón espacial heterogéneo, e inversamente, un valor pequeño de D implicaría una regularidad, por ejemplo, un patrón espacial uniforme. Un valor de P_a derivado de un número suficientemente grande de aleatorizaciones proporciona una prueba formal de aleatoriedad; la hipótesis nula de aleatoriedad espacial se puede rechazar, si $P_a < 0.025$ (en favor de una hipótesis alternativa de agregación), o si $P_a > 0.975$ (en favor de la alternativa de regularidad) dando el usual 5% de probabilidad de rechazar la hipótesis nula cuando es verdad. Si la distancia media aritmética para la regularidad de las muestras aleatorias se denota como E_a , entonces el índice de agregación, denominado I_a , está definido como $I_a = D/E_a$. Usualmente, se dice que una muestra es agregada si $I_a > 1$, la muestra es espacialmente aleatoria si $I_a = 1$, y la muestra es regular si $I_a < 1$. Un número total de 2000 aleatorizaciones son suficientes para derivar los valores de los índices correspondientes.

El término C denota la distancia para el agrupamiento, que es el valor mínimo de la distancia total que los individuos de la muestra deben moverse para congregarse en una unidad. Este valor se encuentra más pronto que D , usando una búsqueda directa simple sobre todas las unidades de muestreo; la unidad de muestreo con el valor mínimo se le denomina como el “foco” del agrupamiento. Permutaciones aleatorias de los conteos observados conducen a una proporción denominada Q_a (probabilidad de agrupamiento), con una distancia para el agrupamiento tan

pequeña, o más pequeña que el valor observado, C . Intuitivamente, para datos que comprenden un agrupamiento individual, un valor pequeño de C denotaría un patrón espacial agregado; inversamente un valor alto de C implicaría un patrón espacial regular. Análogamente, la hipótesis nula de aleatoriedad puede ser rechazada si $Q_a < 0.025$ (en favor de la alternativa de agregación) o si $Q_a > 0.975$ (a favor de la alternativa de regularidad), y si la distancia media para el agrupamiento para muestras aleatorias se denota como F_a , entonces el índice de agregación J_a , se define como $J_a = F_a/C$.

Como en el caso del índice I_a , valores de $J_a > 1$ usualmente indican una muestra agregada, $J_a = 1$ representan datos espacialmente aleatorios y $J_a < 1$ muestras regulares. De esta manera, los valores del índice J_a sirven para corroborar los resultados obtenidos con el índice I_a . Además, este índice se utiliza para discriminar entre patrones espaciales donde hay un único agrupamiento importante para el cual sus valores son significativamente mayores que la unidad, y en donde hay dos o más agrupamientos para los cuales su valor no es significativamente diferente de la unidad o incluso menor que ella. Para determinar la significación con respecto a la unidad se utiliza su probabilidad respectiva (Q_a) (Perry, 1998). Los valores de I_a y J_a para conteos aleatorios no están correlacionados, por lo que se pueden utilizar también 2000 aleatorizaciones en el software empleado para obtener sus respectivos valores.

El programa utilizado en este trabajo para determinar los valores y las probabilidades de ambos índices fue el SADIE 1.22 (programa cedido por el Dr. Perry).

3.12 ANALISIS GEOESADÍSTICO

La Geoestadística es una colección de métodos estadísticos los cuales se han usado tradicionalmente en geo ciencias. Estos métodos describen la auto correlación espacial entre datos muestreados y la usa en varios tipos de modelos

espaciales. Los métodos Geoestadísticos se adoptaron recientemente en Entomología y parecen ser muy útiles en esta nueva área.

La auto correlación espacial puede ser analizada usando variogramas (semivariogramas), correlogramas y funciones de covarianza. En el presente trabajo se utilizaron para este fin únicamente semivariogramas. En resumen, el análisis geoestadístico tiene generalmente los siguientes pasos:

1. Estimación del Semivariograma
2. Estimación de los parámetros del modelo de Semivariograma.
3. Estimación de la superficie (mapas) utilizando puntos (estimaciones) a partir del kriging.

1. Estimación del Semivariograma

Considérese una función aleatoria $Z(x)$ definida en R^n . Para cualquiera k puntos x_1, x_2, \dots, x_k , el vector aleatorio $[Z(x_1), Z(x_2), \dots, Z(x_k)]$ se caracteriza por su función de distribución k -variable.

$$F_{x_1, x_2, \dots, x_k}(z_1, z_2, \dots, z_k) = \Pr \text{ ob} [Z(x_1) \leq z_1, Z(x_2) \leq z_2, \dots, Z(x_k) \leq z_k] \quad (1)$$

El conjunto de todas estas distribuciones para todo valor de k y para cualquier selección de puntos en R^n constituye la "ley espacial de probabilidad" de la función aleatoria $Z(x)$. En Geoestadística lineal son suficientes los dos primeros momentos de la distribución de $Z(x)$. De hecho, en la mayoría de las aplicaciones prácticas la información disponible no permite inferir momentos de mayor orden.

El momento de primer orden es la esperanza matemática definida como

$$E[Z(x)] = m(x) \quad (2)$$

Aunque la función $m(x)$ se conoce con los nombres de deriva y tendencia, algunos autores prefieren la utilización del término deriva.

Los tres momentos de segundo orden considerados en Geoestadística son:

- a) La varianza o momento de segundo orden de $Z(x)$ respecto a $m(x)$:

$$\sigma^2 = \text{Var}[Z(x)] = E\{[Z(x) - m(x)]^2\} \quad (3)$$

En general, $\text{Var}[Z(x)]$ es una función de x .

- b) La covarianza de dos variables aleatorias $Z(x_i)$ y $Z(x_j)$, $C(x_i, x_j)$, definida como:

$$C(x_i, x_j) = E\{[Z(x_i) - m(x_i)][Z(x_j) - m(x_j)]\} \quad (4)$$

Es en general una función de x_i y x_j . Esta función se llama a veces función de autocovarianza.

- c) El Semivariograma $\gamma(x_i, x_j)$ que se define como:

$$\gamma(x_i, x_j) = \frac{1}{2} E\{[Z(x_i) - Z(x_j)]^2\} \quad (5)$$

El variograma es por tanto $2\gamma(x_i, x_j)$. Sin embargo, hay autores que usan indistintamente ambos términos para referirse a la función $\gamma(x_i, x_j)$ (Chilés y Delfiner, 1999).

Es importante hacer notar que tanto la varianza como el semivariograma son siempre positivos mientras que la covarianza puede adoptar valores negativos (Mcbratney y Pringle, 1999).

Se dice que una función aleatoria es estrictamente estacionaria si su función de distribución (1) es invariante respecto a cualquier traslación de vector \mathbf{h} , o lo que es lo mismo, la función de distribución del vector aleatorio $[Z(x_1), Z(x_2), \dots, Z(x_k)]$ es idéntica a la del vector $[Z(x_1+h), Z(x_2+h), \dots, Z(x_k+h)]$ para cualquier \mathbf{h} . Sin embargo, puesto que la Geoestadística lineal se basa en los dos primeros momentos de la función aleatoria, es suficiente suponer que estos dos momentos existen y limitar la hipótesis de estacionariedad a los dos primeros momentos. Se dice que una función aleatoria $Z(x)$ es estacionaria de orden 2 o de segundo orden si:

- a) $E[Z(x)]$ existe y no depende de x , es decir,

$$E[Z(x)] = m \text{ para todo } x \text{ (6)}$$

b) Para toda pareja de variables aleatorias $\{Z(x+h), Z(x)\}$ su covarianza existe y sólo depende del vector separación \mathbf{h} , es decir,

$$C(x+h, x) = E[Z(x+h)Z(x)] - m^2 = C(h) \quad (7)$$

La estacionariedad de la covarianza implica que la varianza $\text{Var}[Z(x)]$ existe, es finita y no depende de x , es decir, $\text{Var}[Z(x)] = C(0)$. Asimismo, bajo esta hipótesis el Semivariograma también es estacionario y se cumple que:

$$\gamma(x+h, x) = \gamma(h) = \frac{1}{2} E\{[Z(x+h) - Z(x)]^2\} \quad (8)$$

Dado que h es un vector y γ una función escalar, en general γ puede depender tanto de la magnitud $h = |\mathbf{h}|$ como de la orientación $u = \mathbf{h}/h$. Es decir, $\gamma(\mathbf{h})$ puede ser anisótropa. Sin embargo, en la mayoría de los casos el número de datos no es suficiente para estimar esta anisotropía y se suele hacer la hipótesis de suponer que γ es independiente de la orientación de \mathbf{h} y tomarlo como isótropo (Houlding, 2000).

Podría considerarse que el semivariograma es repetitivo, redundante e innecesario ya que mide la variabilidad espacial del fenómeno de forma similar a la más conocida función de covarianza. Efectivamente, cuando la función aleatoria es estacionaria, la relación entre el semivariograma y la covarianza es inmediata, ya que de acuerdo con (8) se cumple

$$\gamma(h) = \frac{1}{2} E\{[Z(x+h) - m - Z(x) + m]^2\} = \frac{1}{2} \{E[Z(x+h) - m]^2 + E[Z(x) - m]^2 - 2E[(Z(x+h) - m)(Z(x) - m)]\} = \text{Var}(Z) - E[(Z(x+h) - m)(Z(x) - m)] \quad (9)$$

y puesto que de (7) se deduce que

$$C(h) = E[Z(x+h) - m][Z(x) - m] \quad (10)$$

Se obtiene finalmente

$$\gamma(h) = \text{Var}(z) - C(h) \quad (11)$$

Es decir, bajo la hipótesis de estacionariedad el semivariograma resulta ser igual a la varianza menos la covarianza, por lo que la equivalencia es total. Sin embargo, cuando la media varía “lentamente” de forma que en la escala local se puede suponer constante (aunque desconocida), el semivariograma es independiente del valor local de dicha media, mientras que la auto covarianza requiere su estimación. Esto introduce un sesgo en el cálculo de la función de auto covarianza (Anderson, 1971). En este sentido, $\gamma(h)$ es un estadístico más conveniente que $C(h)$, para aquellas funciones cuya media varía lentamente (Isaaks y Srivastava, 1988).

El denominado semivariograma experimental se estimó en base a los datos recolectados en los distintos muestreos de las poblaciones de trips en cada parcela experimental, el valor experimental del semivariograma se calculó con la siguiente expresión (Journel y Huijbregts, 1978; Isaaks y Srivastava, 1989):

(12)

$$\gamma^*(\mathbf{h}) = \frac{1}{2N(\mathbf{h})} \sum_{i=1}^{N(\mathbf{h})} [\mathbf{z}(\mathbf{x}_i + \mathbf{h}) - \mathbf{z}(\mathbf{x}_i)]^2$$

donde: $\gamma^*(h)$ es el valor experimental del semivariograma para el intervalo de distancia h ; $N(h)$ es el número de pares de puntos muestrales separados por el intervalo de distancia h ; $z(x_i)$ es el valor de la variable de interés en el punto muestral x_i y $z(x_i+h)$ es el valor de la variable de interés en el punto muestral x_i+h . Cabe notar que esta expresión es consecuencia inmediata de (8) si se tiene en cuenta que, en términos de valores esperados:

$$E\left\{\frac{1}{N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i + h) - Z(x_i)]^2\right\} = E\{[Z(x) - Z(x+h)]^2\} \quad (13)$$

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

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

Para la realización del semivariograma experimental correspondiente a cada muestreo y a cada parcela experimental se utilizó el programa Variowin 2.2 (Software for Spatial Data Analysis in 2D. Spring Verlag, New York. USA.).

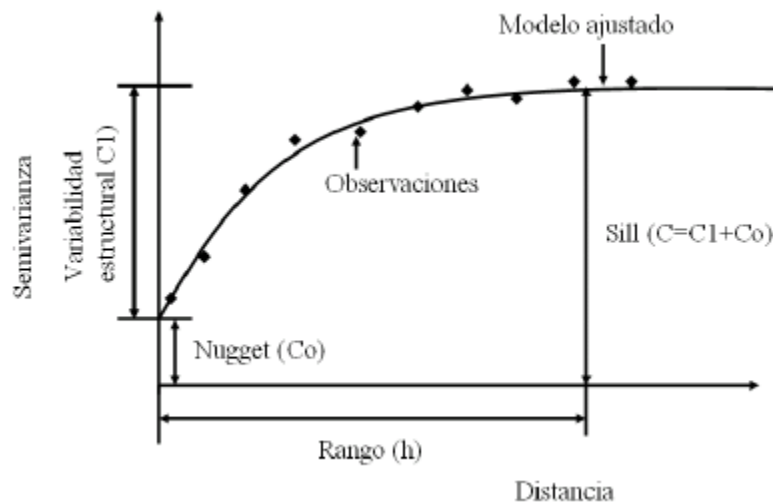


Figura 4. Parámetros del semivariograma. C_0 : Efecto pepita y $C_0 + C_1 =$ meseta.

2. Estimación de los parámetros del modelo de Semivariograma

Una vez que se estimó el correspondiente semivariograma experimental para cada muestreo de la población de trips en cada parcela correspondiente, este se ajustó a algún semivariograma teórico. Los semivariogramas teóricos no son más que

funciones con una expresión analítica sencilla y que, por ello, se emplean frecuentemente para representar semivariogramas reales. Debe indicarse, sin embargo, que en general sus expresiones no se han deducido a partir de ninguna hipótesis especial, ni pretenden representar procesos específicos. En este sentido, los modelos teóricos de Semivariograma no son realmente teóricos y este apelativo debe entenderse como acuñado por la práctica y no como un calificativo estricto (Englund y Sparks, 1988).

Los modelos de semivariograma deben de cumplir ciertas condiciones:

1) De la definición de semivariograma se deduce que $\gamma(h)$ ha de ser idénticamente nulo en el origen, es decir:

$$\gamma(0) = 0 \quad (14)$$

Esto no tiene graves implicaciones prácticas, ya que, como se permiten discontinuidades, la condición (14) se obvia fácilmente imponiendo las definiciones analíticas para $h>0$ (Armstrong y Jabin, 1981).

2) $\gamma(h)$ es una función “condicionalmente negativa definida”, o bien, $-\gamma(h)$ es “condicionalmente positiva definida”. Es decir, Para todo conjunto x_1, \dots, x_n de puntos arbitrarios y para todo conjunto $\lambda_1, \dots, \lambda_n$ de coeficientes que satisfacen

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i = 0 \text{ ha de cumplirse que: } \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \lambda_i \lambda_j \gamma(x_i - x_j) \leq 0 \quad (15)$$

Esta condición se deduce del hecho de que la variable Y ,

$$Y = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(x_i) \quad (16)$$

ha de tener varianza positiva, es decir:

$$\text{Var}(Y) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \lambda_i \lambda_j C(x_i - x_j) \geq 0 \quad (17)$$

Sustituyendo (16) en (17), esta condición es equivalente a:

$$Var(Y) = Var(z) \sum_{i=1}^n \lambda_i \sum_{j=1}^n \lambda_j - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \lambda_i \lambda_j \gamma(x_i - x_j) \geq 0 \quad (18)$$

Pero como:

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i = 0$$

(Condición que se impone precisamente para evitar los casos en que $Var(Z)$ no esté definida), resulta (15).

3) Como consecuencia de la propiedad anterior, se puede demostrar que el semivariograma debe tener un ritmo de crecimiento inferior a h^2 (Journel y Huijbregts, 1978), es decir

$$\lim_{h \rightarrow \infty} \frac{\gamma(h)}{h^2} = 0 \quad (19)$$

Cuando el semivariograma experimental no satisface esta condición, hay que plantearse la posibilidad de que no satisfaga la condición de estacionariedad (Goovaerts, 1997).

Cuando se habla de modelos de semivariograma, se refiere a una serie de funciones de las que se sabe que satisfacen las condiciones anteriores. Estas funciones son las utilizadas en la práctica para ajustar los semivariogramas experimentales, ya que estos últimos pueden no satisfacerlas y son más incómodos para trabajar con ellos. Los modelos teóricos más comunes son los presentados en la Figura 5.

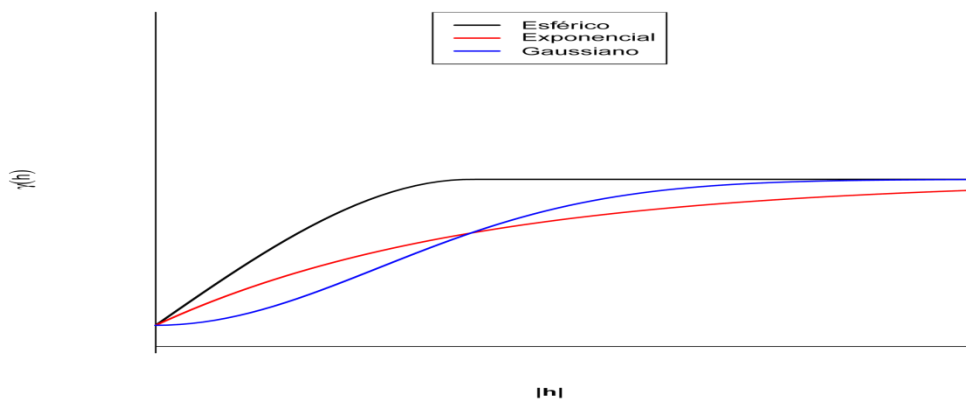


Figura 5. Semivariogramas teóricos más comunes.

En el presente trabajo se ajustaron a los respectivos semivariogramas experimentales los modelos esférico, Gaussiano y Exponencial, los cuales a continuación se describen:

Modelo esférico. Su ecuación está dada por:

$$\begin{aligned} \gamma(\mathbf{h}) &= C_0 + C \left[1.5 \left(\frac{\mathbf{h}}{\mathbf{a}} \right) - 0.5 \left(\frac{\mathbf{h}}{\mathbf{a}} \right)^3 \right] && \text{si } \mathbf{h} \leq \mathbf{a} \\ \gamma(\mathbf{h}) &= C_0 + C && \text{si } \mathbf{h} > \mathbf{a} \end{aligned} \quad (20)$$

Donde: C_0 es el efecto pepita; $C_0 + C$ es la meseta y a representa el rango o alcance. Sus características, pues son el alcance y la meseta. Es uno de los más empleados en la práctica, cuando se presenta una distribución espacial en agregados. Se caracteriza porque alcanza la meseta para una distancia finita ($h=a$). Es indicativo de fenómenos continuos (o con un conjunto a lo sumo numerable de discontinuidades), aunque no derivables. Es decir, fenómenos cuya representación puede presentar quiebros. Es decir, aparecen tanto fluctuaciones de pequeña amplitud, pero gran frecuencia como de amplitud grande y frecuencia baja. Respecto a estas últimas, cabe notar que las amplitudes máximas están relacionadas con el valor de la meseta, o mejor, con su raíz cuadrada. Análogamente el período máximo (inverso de la frecuencia) será tanto mayor cuanto mayor sea el alcance.

Modelo exponencial. Viene dado por:

$$\gamma(h) = C_0 + C(1 - e^{-\frac{h}{a}}) \quad (21)$$

donde: $C_0 + C$ es la meseta y a representa el rango o alcance

Por lo tanto, alcanza su meseta de forma asintótica:

$$Meseta = \lim_{h \rightarrow \infty} C_0 + C(1 - e^{-\frac{h}{a}}) = C_0 + C \quad (22)$$

Este modelo es utilizado en casos de una distribución espacial en agregados. También, al igual que el modelo esférico, el semivariograma exponencial es representativo de fenómenos continuos salvo en un conjunto de puntos (en una dimensión), líneas (en dos dimensiones) o planos (en tres dimensiones).

Modelo Gaussiano. También alcanza su meseta asintóticamente. Es utilizado cuando la distribución espacial es en agregados. Este modelo se emplea para representar fenómenos “suaves”, es decir, continuos en todos los puntos y derivables en la mayoría.

Los otros modelos tienen las siguientes características generales:

Efecto pepita puro. Este modelo es indicativo de un fenómeno sin ninguna auto correlación espacial. No es común emplearlo solo, sino en combinación con algún otro. Este modelo se utiliza cuando existe una distribución espacial al azar.

Efecto agujero. Es indicativo de fenómenos con componentes periódicos o casi periódicos.

Modelos monómicos: Se emplean para representar fenómenos no estacionarios (Samper y Carrera, 1996).

Para ajustar los correspondientes semivariogramas experimentales a los semivariogramas teóricos de cada muestreo y parcela experimental se utilizó el programa Variowin 2.2. (Software for Spatial Data Analysis in 2D. Spring Verlag, New York. USA.).

3. Validación

Una vez que los semivariogramas experimentales fueron ajustados a alguno de los modelos descritos fue necesario validarlos. La validación de los diferentes modelos

ajustados a los semivariogramas experimentales se realizó con el procedimiento denominado validación cruzada (Isaaks y Srivastava, 1989).

Este método ha sido ampliamente utilizado para evaluar el grado de bondad de un modelo de semivariograma y reconocido como un método óptimo de estimación de sus parámetros. La operación de validar un semivariograma teórico ajustado a uno experimental siempre toma mucho tiempo, éste se considera como el último de los pasos importantes del análisis de variabilidad, debido a que una vez obtenido este resultado será utilizado en la estimación por krigeado en cualquiera de sus variantes.

Este proceso se efectúa sucesivamente en todos los puntos muestrales y las diferencias entre los valores experimentales y los estimados se resumen mediante los denominados estadísticos de validación cruzada (Isaaks y Srivastava, 1989; Hevesi *et al.*, 1992). Los parámetros del modelo a validar (C_0 , C y a) se van modificando en un procedimiento de prueba y error hasta la obtención de estadísticos de validación cruzada adecuados.

Estos estadísticos son los siguientes:

a) Media de los errores de estimación (MEE)

$$\text{MEE} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [z^*(x_i) - z(x_i)] \quad (23)$$

Donde: $z^*(x_i)$ es el valor estimado de la variable de interés en el punto x_i ; $z(x_i)$ es el valor medio de la variable de interés en el punto x_i y n es el número de puntos muestrales utilizado en la interpolación

b) Error cuadrático medio (ECM)

$$\text{ECM} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [z^*(x_i) - z(x_i)]^2 \quad (24)$$

Un modelo de semivariograma se considera adecuado si, como regla práctica, el ECM es menor que la varianza de los valores maestres (Hevesi *et al.*, 1992).

c) Error cuadrático medio adimensional (ECMA)

$$\text{ECMA} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{[z^*(x_i) - z(x_i)]^2}{\sigma_k} \quad (25)$$

Donde: σ_k es la desviación estándar del error esperado en la estimación del Krigado. La validez del modelo se satisface si ECMA está comprendido entre los valores $1+2(2/N)^{0.5}$.

d) Además se debe cumplir que la varianza de los errores de estimación debe ser \leq que la varianza muestral (Samper y Carrera, 1996).

4. Nivel de dependencia espacial

Para conocer el grado de relación entre los datos correspondientes resulta importante establecer el nivel de dependencia espacial. Este valor se obtiene al dividir el efecto pepita entre la meseta y expresando en porcentaje el resultado. Si el resultado es menor de 25% el nivel de dependencia espacial es alta, si se encuentra entre 26 y 75% el nivel de dependencia espacial es moderado y si es mayor del 76% el nivel de dependencia es bajo (Cambardella *et al.*, 1994).

5. Elaboración de mapas

Una vez que los modelos de los semivariogramas correspondientes fueron validados se empleó el método geoestadístico denominado krigado para la elaboración de los mapas de densidad. El krigado es un método de interpolación que permite la estima insesgada de puntos no muestreados. La figura 6 muestra el efecto suavizador de las estimaciones del krigado.

Etimológicamente la palabra krigado procede del nombre de un geólogo sudafricano, D. G. Krige, cuyo trabajo sobre la estimación de reservas de oro de los depósitos de Witwatersrand (Krige, 1951) suele considerarse como precursor del método. El objetivo de la utilización de este método es obtener una estimación $Z^*(x)$, de $Z(x)$, como una combinación lineal de los valores medidos Z_i en los puntos de

observación X_i . Y obtener además, la varianza del error de estimación. Por ser lineal, el estimador tiene la siguiente forma:

$$Z^* = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z_i \quad (26)$$

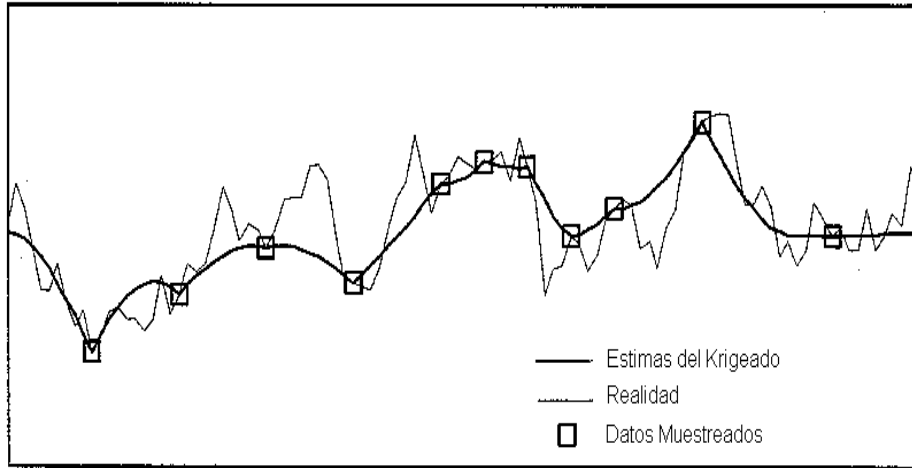
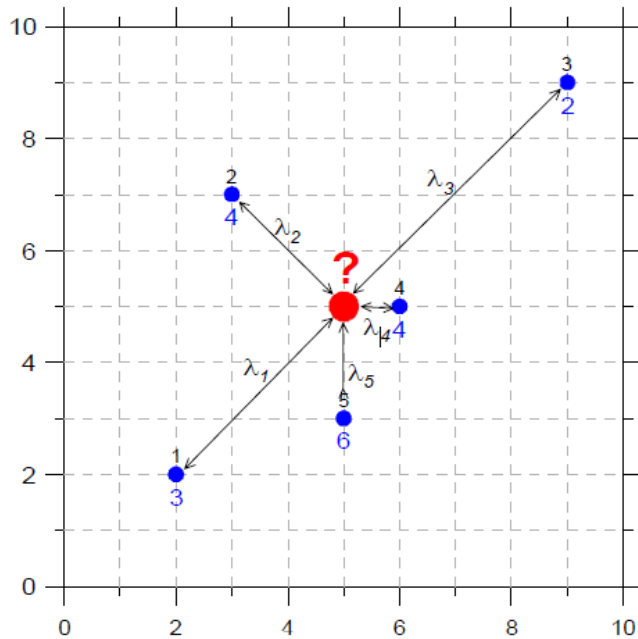


Figura 6. Ilustración del efecto suavizador del Krigado

Los parámetros λ_i se denominan coeficientes de ponderación o coeficientes de krigado. Z^* debe ser insesgado, es decir, $E(Z^* - Z) = 0$, por lo que suponiendo que Z es estacionaria la varianza del error de estimación es:

$$\begin{aligned} \text{Var}(Z^* - Z) &= E[(Z^* - Z)^2] = \\ &= E\left[\left(\sum_i \lambda_i Z_i\right)\left(\sum_j \lambda_j Z_j\right)\right] - 2E\left[\sum_i \lambda_i Z_i Z\right] + E[Z^2] = \\ &= \sum_i \sum_j \lambda_i \lambda_j E(Z_i Z_j) - 2 \sum_i \lambda_i E(Z_i Z) + E(Z^2) \end{aligned} \quad (27)$$



$$Z^* = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z_i$$

⇒ λ_i = ?

Figura 7. Estimación o Interpolación Espacial (Kriging).

Si se conocen $E(Z_i, Z_j)$, $E(Z_i, Z)$ y $E(Z_2)$, lo cual es posible si se conoce el semivariograma o bien la función de covarianza, entonces basta obtener λ_i ($i=1\dots n$, número de puntos de observación), para que Z_i^* y su varianza queden perfectamente determinados. Los coeficientes λ_i se obtienen imponiendo que la varianza de estimación sea mínima. Esto da lugar a un sistema lineal de ecuaciones que se conoce con el nombre de ecuaciones de kriging. Bajo distintas hipótesis hay varios tipos de kriging a continuación se describen sus características distintivas.

1. Kriging Simple: Se utiliza cuando la variable es estacionaria con media y covarianza conocidas.

2. Kriging Ordinario: Se utiliza cuando la variable es estacionaria con covarianza conocida y media desconocida.

3. Kriging con una Deriva: Cuando la media no es constante dentro de un área limitada.

4. Krigado por Bloques: Resuelve el problema de la estimación del valor promedio de una variable sobre un dominio (bloques) a partir de medidas puntuales o promediadas de la misma (Chilés y Delfiner, 1999).

➤ Krigado Ordinario

Para desarrollar las ecuaciones de este krigado hay que imponer que la estimación sea lineal, insesgada y con varianza mínima:

1. Linealidad

$$Z^* = \sum_i \lambda_i Z_i \quad (28)$$

2. Sesgo nulo

$$E(Z^*) = E(Z), \text{ equivalente a } \sum_i \lambda_i = 1 \quad (29)$$

3. Varianza mínima

$$E[(Z^* - Z)^2] \text{ es mínimo} \quad (30)$$

Desarrollando esta última expresión se obtiene:

$$\begin{aligned} E[(Z^* - Z)^2] &= E[(\sum_i \lambda_i Z_i - Z)^2] = E[(\sum_i \lambda_i Z_i - \sum_i \lambda_i Z)^2] = \\ &= E[(\sum_i \lambda_i (Z_i - Z))^2] = \\ &= E\left[\sum_i \lambda_i (Z_i - Z) \sum_j \lambda_j (Z_j - Z)\right] = \\ &= \sum_i \sum_j \lambda_i \lambda_j E[(Z_i - Z)(Z_j - Z)] \quad (31) \end{aligned}$$

Este último término se puede obtener a partir de la definición del semivariograma:

$$\begin{aligned}
\gamma(x_i - x_j) &= \frac{1}{2} E[(Z_i - Z_j)^2] \\
&= \frac{1}{2} E\{[(Z_i - Z) - (Z_j - Z)]^2\} \\
&= \frac{1}{2} E[(Z_i - Z)^2] + \frac{1}{2} E[(Z_j - Z)^2] - E[(Z_i - Z)(Z_j - Z)] \\
&= \gamma(x_i - x) + \gamma(x_j - x) - E[(Z_i - Z)(Z_j - Z)] \quad (32)
\end{aligned}$$

A partir de (32) se obtiene el valor esperado que aparece en la última línea de (31).

Sustituyéndolo se obtiene:

$$E[(Z^* - Z)^2] = -\sum_i \sum_j \lambda_i \lambda_j \gamma(x_i - x_j) + \sum_i \sum_j \lambda_i \lambda_j \gamma(x_i - x) + \sum_i \sum_j \lambda_i \lambda_j \gamma(x_j - x) \quad (33)$$

Sacando factor común a $\sum \lambda_i$ y $\sum \lambda_j$, que valen uno, en los dos últimos sumandos de (33), y teniendo en cuenta que

$$\sum_i \lambda_i \gamma(x_i - x) = \sum_j \lambda_j \gamma(x_j - x)$$

ya que i y j son índices de referencia, resulta la siguiente expresión de la varianza de estimación:

$$E[(Z^* - Z)^2] = -\sum_i \sum_j \lambda_i \lambda_j \gamma(x_i - x_j) + 2 \sum_i \lambda_i \gamma(x_i - x) \quad (34)$$

Para la minimización se emplea el método de los multiplicadores de Lagrange, que conduce a la siguiente función objetivo

$$\zeta(\lambda_i, \mu) = \frac{1}{2} E[(Z^* - Z)^2] - \mu (\sum_i \lambda_i - 1) \quad (35)$$

que hay que minimizar con respecto a λ_i y μ . Para ello se igualan a cero las derivadas parciales de (34) con respecto a los λ_i y a μ , lo que conduce al siguiente sistema lineal de $(n+1)$ ecuaciones:

$$\sum_j \lambda_j \gamma(x_i - x_j) + \mu = \gamma(x_i - x) \quad i = 1, \dots, n$$

$$\sum_j \lambda_j = 1 \quad (36)$$

En forma matricial, este sistema tiene la siguiente expresión:

$$\begin{pmatrix} 0 & \gamma_{12} & \gamma_{13} & \dots & \gamma_{1n} & 1 \\ \gamma_{21} & 0 & \gamma_{23} & \dots & \gamma_{2n} & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots \\ \gamma_{n1} & \gamma_{n2} & \gamma_{n3} & \dots & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & \dots & 1 & 0 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \vdots \\ \lambda_n \\ \mu \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \gamma_1 \\ \gamma_2 \\ \vdots \\ \gamma_n \\ 1 \end{pmatrix} \quad (37)$$

donde

$$\gamma_{ij} = \gamma(x_i - x_j) \quad \text{y} \quad \gamma_i = \gamma(x_i - x)$$

Si $-\gamma(h)$ es condicionalmente definida positiva, la matriz del sistema es siempre regular y siempre existe solución.

La varianza del error de estimación, también llamada varianza del krigado, se obtiene teniendo en cuenta que, al ser $E(Z^* - Z) = 0$,

$$\sigma_k^2 = \text{Var}(Z^* - Z) = E[(Z^* - Z)^2] \quad (38)$$

de donde se deduce, tras sustituir la primera línea de (36) en (34),

$$\text{Var}(Z^* - Z) = \sum_i \lambda_i \gamma(x_i - x) + \mu \quad (39)$$

Esta la formulación más común del método del krigado. Tras resolver (36), se obtiene Z^* mediante (28) y la varianza de su error de estimación mediante (39) (Wackernagel, 1998 y Webster y Oliver, 2001).

Una de las ventajas del krigado sobre la mayoría de los interpoladores es la forma en que tiene en cuenta la distribución de los datos. Parece razonable exigir a cualquier estimador que asignase pesos máximos a los puntos situados más cerca y que estos fuesen disminuyendo a medida que aumenta la distancia entre puntos de estimación y datos. Igualmente, parece razonable exigir que, si dos puntos están muy próximos, sus pesos sean menores que si están alejados. En el método del krigado no es preciso exigir estas propiedades porque se cumplen de forma natural. En este método de interpolación el error de estimación es mínimo y no sesgado. Es importante notar que la minimización del error se hace sobre la base de que se conoce el semivariograma con exactitud, sin embargo, la estimación del semivariograma es no sólo un proceso difícil, sino que no cuantificable. El krigado es un estimador exacto, esto es, si se trata de estimar Z en un punto de observación, el resultado será el valor medido con incertidumbre nula. Las ecuaciones de krigado no dependen de los valores medidos de las variables, sino solamente de sus posiciones y del semivariograma. La técnica del krigado permite además la posibilidad de obtener mapas de la distribución espacial de los organismos estudiados, los cuales, a su vez, tienen amplias utilidades (Samper y Carrera, 1996). Los mapas de distribución espacial pueden ser de utilidad en la Agricultura de Precisión con el objeto de dirigir las medidas de control sobre áreas específicas de infestación o zonas donde se rebase el umbral de daño económico por parte de un insecto plaga (Fleischer *et al.*, 1999a).

IV. METODOLOGÍA

4.1 ZONA DE ESTUDIO

El estudio se llevó a cabo en una zona productora de aguacate en el municipio de Coatepec Harinas el cual se encuentra en la parte sur del Estado de México, está comprendido entre los paralelos 18°54'00'' de latitud norte y 99°43'00'' de longitud oeste del meridiano de Greenwich. El clima que predomina es templado, subhúmedo con lluvias en verano e invierno benigno, su temperatura máxima es de 39°C y la mínima es de 2° C. Su temperatura media anual, oscila alrededor de los 19°C. Por lo general la temporada de lluvias inicia a finales del mes de abril, pero suele interrumpirse durante el mes de mayo, continúa durante los meses de junio y julio, agudizándose en los meses de agosto y septiembre. La precipitación promedio anual es de 1,242.53 mm.

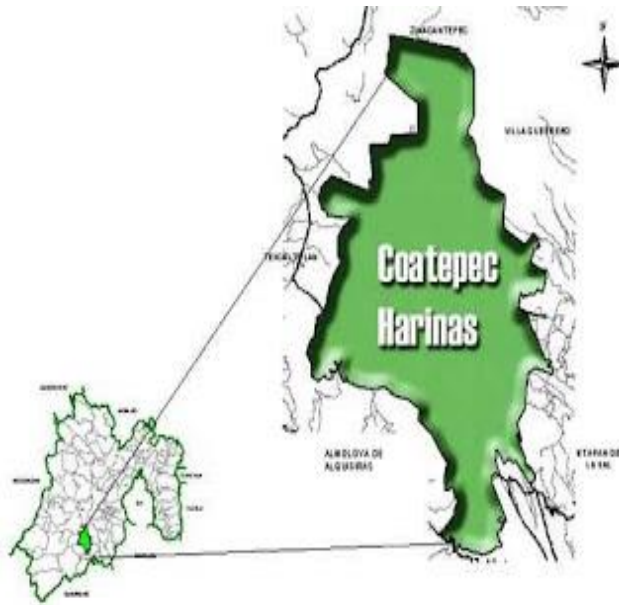


Figura 8. Localización del municipio de Coatepec Harinas en el Estado de México

4.2 DISEÑO EXPERIMENTAL Y TOMA DE DATOS

Para la realización de este estudio se establecieron tres parcelas comerciales de aguacate de la variedad Hass de las cuales dos parcelas se tomaron como testigo (parcela 1 y parcela 2) y en la parcela 3 se hizo la liberación del depredador *Orius insidiosus*, cada parcela tuvo una superficie de 4 hectáreas, cada parcela se dividió en cuadrantes de 20x20m, para tener un total de 100 cuadrantes por parcela. Bajo la metodología de muestreo por cuadrantes, se tomaron 40 al azar y por cada cuadrante se seleccionaron 3 árboles, teniendo un total de 120 árboles a muestrear en cada parcela experimental.

En las tres parcelas se realizaron dos muestreos por cada mes durante 21 meses (de febrero de 2014 a octubre de 2015) y en cada muestreo se contó el número de trips presentes en cada árbol muestreado, esto para realizar la distribución espacial de trips. Los muestreos se realizaron quincenalmente en las respectivas parcelas, estos se llevaron a cabo mediante el uso de trampas amarillas.

Las trampas amarillas fueron vasos de plástico del número 8 de color amarillo de acuerdo con lo sugerido por Hernández *et al.*, (1997); a cada vaso se le colocó un gancho en la base y se le aplicó manteca vegetal en la superficie externa para que funcionara como adherente. Las trampas se colgaron en los árboles a muestrear utilizando 4 trampas en dirección a cada punto cardinal y estas se revisaron quincenalmente para contar y retirar los trips capturados.



Figura 9. Trampas de vasos amarillos cubiertos de manteca vegetal utilizados para el monitoreo de trips en el cultivo de aguacate.

4.3 EVALUACIÓN DEL DEPREDADOR

La evaluación del depredador *Orius insidiosus* se llevó a cabo en una de las parcelas (parcela 3) en la cual se liberó el depredador. Las liberaciones se realizaron en base a la metodología establecida por la empresa Koppert, en la cual se adquirió el depredador.

Las liberaciones se realizaron en los árboles que ya habían sido seleccionados. Las liberaciones se realizaron en base a la metodología establecida por la empresa Koppert la cual consiste en liberar alrededor de 1 depredador de trips por metro cuadrado, en las parcelas de estudio cada árbol se consideró con una superficie de 25 metros cuadrados, lo cual nos da un total de 2500 depredadores por árbol.

Las liberaciones del depredador se realizaron a partir del mes de septiembre de 2014, teniendo una segunda liberación en febrero de 2015, a partir de la primer liberación cada dos meses se muestrearon hojas y flores eligiendo diez arboles al azar de aguacate para confirmar la presencia del depredador.

El efecto del depredador se determinó en base a las densidades de poblaciones de trips en cada muestreo realizado. Se obtuvo la media de la población por cada muestreo para realizar una prueba de T de Student, y así corroborar si existe significancia en la reducción de las poblaciones de trips a partir de los meses en que se realizó la liberación.

4.4 ANALISIS GEOESTADÍSTICO

El análisis geoestadístico constó de los siguientes pasos

- Estimación del Semivariograma.

La estimación del semivariograma experimental se realizó con base en los datos adquiridos en los diferentes muestreos de las poblaciones de trips el valor experimental del semivariograma se calculó por medio de la siguiente fórmula

$$\gamma^*(\mathbf{h}) = \frac{1}{2N(\mathbf{h})} \sum_{i=1}^{N(\mathbf{h})} [\mathbf{z}(\mathbf{x}_i + \mathbf{h}) - \mathbf{z}(\mathbf{x}_i)]^2$$

(Journel y Huijbregts, 1978; Isaaks y Srivastava, 1989):

Donde:

$\gamma^*(h)$ es el valor experimental del semivariograma para el intervalo de distancia h .
 $N(h)$ es el número de pares de puntos muestrales separados por el intervalo de distancia h .

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

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

Para la realización de semivariograma experimental correspondiente a cada muestreo de las parcelas experimentales se emplearon los programas Variowin 2.2 (Software for Spatial Data Analysis in 2D. Spring Verlag, New York; USA)

- Estimación de los parámetros del modelo del semivariograma.

Una vez que se estimaron los semivariogramas experimentales, correspondientes a cada muestreo de trips se ajustaron a algún semivariograma teórico.

- Elaboración de mapas.
 - Estimación del krigado.

El krigado es un estimador exacto, esto es, si se trata de estimar Z en un punto de observación, ver Krigado ordinario. El resultado será el valor medido con incertidumbre nula. Las ecuaciones de krigado no dependen de los valores medidos de las variables, sino solamente de sus posiciones y del semivariograma. La técnica del krigado permite además la posibilidad de obtener mapas de la distribución espacial de los organismos estudiados, los cuales, a su vez, tienen amplias utilidades (Samper y Carrera, 1996).

- Estimación de la superficie infestada utilizando puntos a partir del Krigado. Se utilizó el krigado ordinario ya que la varianza de los datos no es estable.

Se determinó la superficie infestada de trips, determinando así las zonas donde se encuentra la plaga y hacer el control a lugares o zonas específicas en donde se encuentren los puntos de agregación.

- Validación.

La validación de los diferentes modelos ajustados a los semivariogramas experimentales se realizó con el procedimiento denominado “validación cruzada” (Isaaks y Srivastava, 1989). Con este procedimiento no paramétrico, se elimina un valor muestral y se emplea el método de interpolación geoestadístico denominado krigado, junto con el modelo de semivariograma a validar, para estimar el valor de la variable de interés en dicho punto muestral, a partir de los restantes valores muestrales. Los parámetros del modelo a validar (C0, C y a), se van modificando en un procedimiento de prueba y error hasta la obtención de estadísticos de validación cruzada adecuados.

Estos estadísticos son los siguientes:

Media de los errores de estimación (MEE):

$$\mathbf{MEE} = \frac{1}{\mathbf{n}} \sum_{i=1}^{\mathbf{n}} [\mathbf{z}^*(\mathbf{x}_i) - \mathbf{z}(\mathbf{x}_i)]$$

Dónde: $z^*(x_i)$ es el valor estimado de la variable de interés en el punto x_i ; $z(x_i)$ es el valor medido de la variable de interés en el punto x_i y n es el número de puntos muestrales utilizado en la interpolación. La MEE no debe ser significativamente distinta de 0 (Prueba de t), en cuyo caso, indicaría que el modelo de semivariograma permite el cálculo de estimadores insesgados.

Error cuadrático medio (ECM):

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

Un modelo de semivariograma se considera adecuado si, como regla práctica, el valor del estadístico es cercano a cero (Hevesi *et al.*, 1992).

Error cuadrático medio adimensional (ECMA):

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

Donde: σ_k es la desviación estándar del error esperado en la estimación con el krigado. La validez del modelo se satisface si ECMA está comprendido entre los valores $1 \pm 2 (2/N)^{0.5}$.

Otro estadístico para validar el ajuste del modelo consiste en que el valor de la varianza de los errores sea menor a la varianza muestral.

V. RESULTADOS

Como resultados de la investigación se elaboró un artículo científico, el cual fue enviado para su revisión a la “Revista Colombiana de Entomología”

Modelización espacial de trips (Insecta: Thysanoptera) en el cultivo de aguacate (Persea americana Mill.)

Spatial modeling thrips (Insecta: Thysanoptera) in growing avocado (Persea americana Mill.)

ROBERTO RIVERA-MARTÍNEZ ¹⁾, JOSÉ FRANCISCO RAMÍREZ-DÁVILA ²⁾,
MARTÍN RUBÍ-ARRIAGA ³⁾, AURELIO DOMÍNGUEZ-LÓPEZ ³⁾

¹⁾Estudiante Programa de Maestría en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México CP 50200 e-mail: rob_m@live.com.mx

²⁾ D. Laboratorio de Investigaciones Entomológicas y Tecnologías en Agricultura de Precisión; Facultad de Ciencias Agrícolas, UAEM. Cerrillo Piedras Blancas s/n km 15 Carr. Toluca - Ixtlahuaca, entronque al Cerrillo. C.P. 50200; Toluca, Estado de México. e-mail: jframirez@uaemex.mx

³⁾ Profesor-Investigador Facultad de Ciencias Agrícolas, UAEM. Cerrillo Piedras Blancas s/n km 15 Carretera Toluca - Ixtlahuaca, entronque al Cerrillo. C.P. 50200; Toluca, Estado de México. e-mail: adominguezl@uaemex.mx

⁴⁾ Maestro en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. e-mail: davinn@hotmail.com

* Autor de correspondencia: jframirez@uaemex.mx

Resumen

México es el principal productor y exportador de aguacate en el mundo, los trips son considerados una de las principales plagas de aguacate en México, ya que estos se alimentan del fruto pequeño y forman crestas o protuberancias las cuales al crecer el fruto son más visibles y este pierde valor económico. Además de este daño, las heridas causadas por el trips son el principal causante para que entre la enfermedad denominada Roña de fruto (*Elsinoe perseae*). Las alternativas de control de los trips han carecido de eficacia debido a que se desconoce su distribución espacial dentro de las huertas de aguacate. Este trabajo tuvo por objetivo determinar la distribución espacial de las poblaciones de trips en aguacate mediante el uso de técnicas de estadística espacial que condujeron a la generación de mapas por medio del kriging. Los resultados demostraron que las poblaciones de trips presentan una distribución de tipo agregada, que fue corroborada por los mapas de densidad. Las infestaciones no se distribuyeron en el 100% de la superficie de las dos parcelas experimentales, lo cual resulta interesante para dirigir las medidas de control sobre áreas específicas de infestación. Se logró determinar estabilidad espacial y temporal a corto plazo de las poblaciones de trips.

Palabras clave: Geoestadística. Trips. Kriging.

Abstract

Mexico is the main producer and exporter of avocados in the world, the trips are considered a major pest of avocado in Mexico, as they feed on small fruit and form ridges or bumps which to grow the fruit are more visible and it loses economic value. In addition to this damage, injuries caused by thrips are the main cause for between fruit disease called scab (*Elsinoe perseae*). Alternative control thrips have lacked effectiveness because their spatial distribution is unknown in avocado orchards. This study aimed to determine the spatial distribution of populations of thrips in avocado using spatial statistical techniques that led to the generation of maps through kriging. The results showed that populations of thrips present type distribution as aggregate, which was corroborated by density maps. Infestations were not distributed in 100% of the surface of the two experimental plots,

which is interesting to direct control measures on specific areas of infestation. It was possible to determine spatial and temporal short-term stability thrips populations.

Key words: Geostatistics. Thrips. Kriging.

Introducción

El aguacate (*Persea americana* Mill.) es la cuarta fruta tropical más importante en el mundo. La producción mundial de aguacate se estima en 4.2 millones de toneladas. México es considerado el principal productor de aguacate en el mundo, con una producción promedio anual de 1, 107,135.16 ton en 134,322.12 ha. (SIAP 2014).

La producción nacional de aguacate ha mostrado una tendencia creciente en cuanto a superficie cultivada y volumen de producción, teniendo un predominio de la variedad Hass, la cual destaca por su demanda a nivel mundial (Naamani 2007). En México los principales estados productores son Michoacán, Nayarit, Morelos y el Estado de México (SIAP 2014).

El cultivo del aguacate presenta una gran diversidad de plagas entre las que se encuentran las siguientes: Trips (*Heliethrips haemorroidalis*), Barrenador pequeño del hueso (*Conotrachelus perseae*, Barber), Barrenador grande del hueso (*Helipus lauri*, Boheman), Oruga barrenadora del hueso (*Stenomacrus catenifer*, Walshingam), Barrenador del tronco y ramas (*Copturus aguacatae* Kissinger), araña roja (*Oligonychus punicae*, Hirst), entre otras más (Coria 1993).

Los Trips (Thysanoptera) han adquirido importancia para el aguacate, estos insectos plaga se alimentan del fruto pequeño Salgado (1993), y forman crestas o protuberancias sobre el pericarpio (González *et al.* 2000). Las deformaciones son más visibles cuando el fruto madura (Fisher y Davenport 1989; González *et al.* 2000) lo que ocurre con *Frankliniella* y *Neohydatothrips*, muy probablemente por larvas y adultos. Sin embargo, en las especies de *Scirtothrips*, las larvas y adultos causan daños en follaje tierno, provocando distorsión y cicatrices castaño oscuro a lo largo de la nervadura central de la hoja, en el envés. Algo similar ocurre con el fruto joven, que puede quedar completamente cubierto por una cicatriz castaño-oscuro, aunque comúnmente se observan cicatrices pequeñas, a veces alargadas

(Hoddle 2002). Ascensión *et al.* (1999) y Johansen *et al.* (1999) afirmaron que éste síntoma asociado a trips aparece en el fruto pequeño, aunque no se ha precisado las etapas fenológicas más afectadas.

Las densidades del insecto se han incrementado año con año y el control químico ha sido poco eficiente en el manejo de estas poblaciones por lo que es necesario buscar alternativas que garanticen una disminución de esta plaga. La infestación de este insecto-plaga, hace importante implementar actividades que permitan conocer el impacto real que esta plaga tiene sobre el cultivo de aguacate, y sobre esa información aplicar medidas de control que sean eficaces en el tratamiento de este problema. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue determinar la distribución espacial de las poblaciones de trips en aguacate (*Persea americana* Mill.) mediante el uso de técnicas geoestadísticas.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en una zona productora de aguacate en la región de Coatepec Harinas del Estado de México, en la cual se establecieron dos parcelas comerciales de aguacate de la variedad Hass, cada parcela tuvo una superficie de 4 hectáreas. Cada una de las parcelas se dividió en cuadrantes de 20 x 20 m, para tener un total de 100 cuadrantes por parcela. Bajo la metodología de muestreo por cuadrantes, se tomaron 40 al azar y por cada cuadrante se seleccionaron 3 árboles, teniendo un total de 120 árboles muestreados en cada parcela experimental.

En las dos parcelas se realizaron dos muestreos por cada mes durante 10 meses y en cada muestreo se contó el número de trips presentes en cada árbol muestreado. Los muestreos se realizaron quincenalmente en las respectivas parcelas, esto se llevó a cabo mediante el uso de trampas amarillas. Cada árbol muestreado fue georeferenciado con un gps para obtener sus coordenadas.

Las trampas amarillas fueron vasos de plástico del número 8 de color amarillo de acuerdo con lo sugerido por González *et al.* (1997) a cada vaso se le puso un gancho en la base y se le colocó un adherente (manteca vegetal) en la superficie externa. Las trampas se colocaron

en los árboles a muestrear utilizando 4 trampas en dirección a cada punto cardinal y estas se revisaron quincenalmente para contar y retirar los trips capturados.

Análisis geoestadístico: Se obtuvo el semivariograma experimental a partir del valor promedio mensual de trips capturado en cada muestreo semanal utilizando el programa variowin 2.2 (Software for spatial data analysis en 2D. SpringerVerlag, New York USA).

$$\gamma^*(\mathbf{h}) = \frac{1}{2N(\mathbf{h})} \sum_{i=1}^{N(\mathbf{h})} [z(\mathbf{x}_i + \mathbf{h}) - z(\mathbf{x}_i)]^2$$

El valor experimental del semivariograma fue calculado con la siguiente expresión (Journel y Huijbregts 1978; Isaaks y Srivastava 1989):

Dónde: $\gamma^*(h)$ es el valor experimental del semivariograma para el intervalo de distancia h ; $n(h)$ es el número de pares de puntos muestrales separados por el intervalo de distancia h ; $z(x_i)$ es el valor de la variable de interés en el punto muestral x_i y $z(x_i+h)$ es valor de la variable de interés en el punto muestra x_i+h .

Estimación de los parámetros del modelo de semivariograma. Una vez obtenido el semivariograma experimental, se realizó su ajuste a algún semivariograma teórico (esférico, exponencial, gaussiano, etc.) Englund y Sparks (1988) utilizando el programa Variowin versión 2.2.

Validación del modelo teórico. Se sigue un procedimiento de validación cruzada, en el cual los parámetros del modelo C_0 (efecto de pepita), $C + C_0$ (meseta) y a (rango o alcance) se van ajustando de forma interactiva (prueba y error) hasta los mejores valores de los estadísticos:

a. Media de los errores de estimación (MEE):

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

Dónde: $z^*(x_i)$ es el valor estimado de la variable de interés en el punto x_i ; $z(x_i)$ es el valor medido de la variable de interés en el punto x_i y n es el número de puntos muestrales utilizado en la interpolación. La MEE no debe ser significativamente distinta de 0 (Prueba

de t), en cuyo caso, indicaría que el modelo de semivariograma permite el cálculo de estimadores no sesgados

b. Error cuadrático medio (ECM):

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

Un modelo de semivariograma se considera adecuado si, como regla práctica, el valor del estadístico es cercano a cero (Hevesi *et al.* 1992).

c. Error cuadrático medio adimensional (ECMA):

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

Dónde: k es la desviación estándar del error esperado en la estimación con el krigado. La validez del modelo se satisface si ECMA está comprendido entre los valores $12(2/N) 0.5$.

d. Otro estadístico para validar el ajuste del modelo consiste en que el valor de la varianza de los errores sea menor a la varianza muestral.

Nivel de dependencia espacial. La determinación del grado de relación entre los datos o nivel de dependencia espacial se obtuvo al dividir el efecto pepita entre la meseta y expresando en porcentaje su resultado. Si el resultado es menor de 25% el nivel de dependencia espacial es alta, si se encuentra entre 26 y 75% el nivel de dependencia espacial es moderado y si es mayor del 76% el nivel de dependencia es bajo (Cambardella *et al.* 1994).

Elaboración de mapas. Se realizó la interpolación de valores a través del krigado ordinario que permite la estimación insesgada de valores asociados a puntos que no fueron muestreados, las estimaciones obtenidas fueron representadas en forma de mapa para cada fecha de muestreo mediante el uso del programa Surfer 9 (Surface Mapping System, Golden Software Inc. 809, 14th Street. Golden, Colorado 80401- 1866. USA).

Resultados

Las especies de trips identificados en las parcelas de estudio fueron, *Frankliniella occidentalis*, *Scirtothrips perseae* y *Neohydatothrips signifer*.

Con los datos obtenidos de los muestreos fue posible generar la modelización espacial y el mapeo de las poblaciones de trips dentro de las parcelas de aguacate. Se estableció el porcentaje estimado de infestación en cada fecha de muestreo.

La distribución espacial que se obtuvo en las poblaciones de trips fue de tipo agregada, los modelos a los que se ajustaron los semivariogramas fueron esféricos en el caso de la parcela 1 (Tabla 1). En la parcela 2 de igual manera los semivariogramas se ajustaron al modelo esférico (Tabla 3). Esto es indicativo que dentro de todas las parcelas analizadas se encuentran zonas en que hay una elevada manifestación de trips respecto al resto de puntos muestreados, es decir, existen focos de agregación de la plaga que avanzan desde una fuente puntual.

Para todos los modelos ajustados se presentó un efecto pepita igual a cero, dicho valor es indicativo de que la escala de muestreo utilizada fue la correcta y el error de muestreo fue mínimo. Los valores del rango de la parcela 1 fueron de 14.4m a 67.8m (Tabla 1), mientras que para la segunda parcela los valores fluctuaron de 13.2 a 46.5 metros (Tabla 3), siendo el rango la distancia máxima hasta la cual existe relación espacial entre los datos. Todos los modelos presentaron un alto nivel de dependencia espacial para cada una de las fechas de muestreo. Los modelos de la distribución espacial de trips en las parcelas estudiadas se validaron con los parámetros estadísticos al ubicarse dentro del rango permisible.

La media de la población de trips en la parcela 1 vario de 5.09 individuos en el mes de Mayo a 476.99 individuos en el mes de Febrero (Tabla 2). En la parcela 2 la densidad media fluctuó entre 6.88 en Julio a 504.78 individuos en el mes de Febrero (Tabla 4). Las densidades más bajas se presentaron en el mes de Mayo, mientras que las más altas en febrero, las altas poblaciones en el mes de Febrero se debe a que en ese mes presenta floración la planta de aguacate y es ahí donde se encontró mayor cantidad de trips.

Los mapas de la superficie infestada de la parcela 1 para los meses de enero 1, abril 1 mayo 1 y 2 agosto 2 octubre 1 y 2 los focos de infestación se ubicaron más hacia los bordes superior e inferior de la parcela para enero 2 julio 1 y 2 agosto 1 marzo 1 y 2 abril 2 y septiembre 1 los focos de infestación abarcaron la mayor parte de la parcela, mientras que en los meses de junio 1 y 2 febrero 1 y 2 y septiembre 2 los puntos de infestación se encontraron en la parte central de la parcela (Figura 1).

Para la parcela 2 los meses de enero 1, febrero 2, marzo 1, julio 2, agosto 1 y 2, septiembre 1, y octubre 1 y 2 los centros de agregación de trips estuvieron localizados hacia la zona central de la parcela. Para los meses de marzo 2, abril 1 y 2, mayo 1 y 2, junio 1 y 2 y julio 1 la tendencia de los focos de agregación fue ubicarse hacia los bordes de la parcela, mientras que en enero 2, febrero 1, y septiembre 2 los focos de infestación del trips estuvieron distribuidos en toda la zona de la parcela. En todos los meses de muestreo hubo presencia de trips, sin embargo, en los meses de Febrero, Marzo y Agosto se encontraron mayores densidades del insecto (Figura 2).

Tabla 1. Parámetros (Efecto Pepita, Meseta y Rango) de los modelos ajustados a los semivariogramas de trips en la parcela 1.

Fecha	Muestreos	Modelo	Pepita	Meseta	Rango	Pepita/Meseta	Nivel de dependencia espacial
Enero 2015	Muestreo 1	Esférico	0	21.56	14.4	0	Alta
	Muestreo 2	Esférico	0	347.8	15.6	0	Alta
Febrero 2015	Muestreo 1	Esférico	0	7372	54.4	0	Alta
	Muestreo 2	Esférico	0	2880	43.2	0	Alta
Marzo 2015	Muestreo 1	Esférico	0	1564	46.4	0	Alta
	Muestreo 2	Esférico	0	1068	44.8	0	Alta
Abril 2015	Muestreo 1	Esférico	0	118.9	46.4	0	Alta
	Muestreo 2	Esférico	0	30.8	44.8	0	Alta

Mayo 2015	Muestreo 1	Esférico	0	40.42	43.2	0	Alta
	Muestreo 2	Esférico	0	10.2	44.8	0	Alta
Junio 2015	Muestreo 1	Esférico	0	15.66	54.4	0	Alta
	Muestreo 2	Esférico	0	93.5	54.4	0	Alta
Julio 2015	Muestreo 1	Esférico	0	206.8	65.6	0	Alta
	Muestreo 2	Esférico	0	372	65.6	0	Alta
Agosto 2015	Muestreo 1	Esférico	0	1116	65.6	0	Alta
	Muestreo 2	Esférico	0	524.4	67.2	0	Alta
Septiembre 2015	Muestreo 1	Esférico	0	213.2	46.4	0	Alta
	Muestreo 2	Esférico	0	169.1	25.6	0	Alta
Octubre 2015	Muestreo 1	Esférico	0	64.08	25.6	0	Alta
	Muestreo 2	Esférico	0	43.64	67.8	0	Alta

Tabla 2. Valores de los estadísticos de la validación cruzada de los semivariogramas obtenidos en los muestreos en la parcela 1: media de los errores de estimación (MEE), error cuadrático medio (ECM) y error cuadrático medio adimensional (ECMA).

Fecha	Muestreos	Media Muestral	Varianza Muestral	MEE*	Varianza de los errores	ECM	ECMA
Enero 2015	Muestreo 1	32.54	21.8	0.11 ^{ns}	5.09	0.12	1.12
	Muestreo 2	128.36	369.7	0.07 ^{ns}	36.1	0.09	1.10
Febrero 2015	Muestreo 1	357.30	7556.6	0.13 ^{ns}	44.22	0.12	1.08
	Muestreo 2	476.99	2992.51	0.11 ^{ns}	37.19	0.10	1.10
Marzo 2015	Muestreo 1	231.52	1693.32	0.08 ^{ns}	28.93	0.07	1.07
	Muestreo 2	128.36	1162.14	0.12 ^{ns}	51.94	0.11	1.13
Abril 2015	Muestreo 1	42.14	131.15	0.10 ^{ns}	20.16	0.13	1.10
	Muestreo 2	20.08	34.29	0.09 ^{ns}	10.07	0.12	1.12
Mayo 2015	Muestreo 1	14.57	46.36	0.12 ^{ns}	5.99	0.09	1.09
	Muestreo 2	5.09	11.51	0.08 ^{ns}	3.06	0.12	1.11
Junio 2015	Muestreo 1	7.27	17.56	0.14 ^{ns}	4.11	0.10	1.06
	Muestreo 2	27.37	102.71	0.07 ^{ns}	27.85	0.08	1.10

Julio	Muestreo 1	41.5	215.72	0.10 ^{ns}	29.06	0.10	1.13
2015	Muestreo 2	75.58	393.97	0.12 ^{ns}	32.51	0.11	1.09
Agosto	Muestreo 1	145.36	1145.69	0.08 ^{ns}	35.56	0.08	1.11
2015	Muestreo 2	86.95	569.39	0.12 ^{ns}	47.04	0.11	1.12
Septiembre	Muestreo 1	57.37	257.89	0.10 ^{ns}	35.28	0.07	1.07
2015	Muestreo 2	46.20	180.49	0.09 ^{ns}	29.04	0.10	1.13
Octubre	Muestreo 1	18.12	71.14	0.07 ^{ns}	8.15	0.12	1.10
2015	Muestreo 2	10.07	44.39	0.13 ^{ns}	6.31	0.11	1.09

Tabla 3. Parámetros (Efecto Pepita, Meseta y Rango) de los modelos ajustados a los semivariogramas de trips en la parcela 2.

Fecha	Muestreos	Modelo	Pepita	Meseta	Rango	Pepita/Meseta	Nivel de dependencia espacial
Enero	Muestreo 1	Esférico	0	51.3	13.2	0	Alta
2015	Muestreo 2	Esférico	0	408.9	13.5	0	Alta
Febrero	Muestreo 1	Esférico	0	3485	46.5	0	Alta
2015	Muestreo 2	Esférico	0	21250	43.5	0	Alta
Marzo	Muestreo 1	Esférico	0	3610	27	0	Alta
2015	Muestreo 2	Esférico	0	1530	43.5	0	Alta
Abril	Muestreo 1	Esférico	0	171	39	0	Alta
2015	Muestreo 2	Esférico	0	63.9	42	0	Alta
Mayo	Muestreo 1	Esférico	0	57.42	40.5	0	Alta
2015	Muestreo 2	Esférico	0	29.05	43.5	0	Alta
Junio	Muestreo 1	Esférico	0	32.3	42	0	Alta
2015	Muestreo 2	Esférico	0	9.12	42	0	Alta
Julio	Muestreo 1	Esférico	0	9.57	40.5	0	Alta
2015	Muestreo 2	Esférico	0	32.34	42	0	Alta
Agosto	Muestreo 1	Esférico	0	238	40.5	0	Alta
2015	Muestreo 2	Esférico	0	800.4	39	0	Alta
Septiembre	Muestreo 1	Esférico	0	483.8	42	0	Alta
2015	Muestreo 2	Esférico	0	156.6	39	0	Alta
Octubre	Muestreo 1	Esférico	0	240	40.5	0	Alta
2015	Muestreo 2	Esférico	0	156.4	43.5	0	Alta

Tabla 4. Valores de los estadísticos de la validación cruzada de los semivariogramas obtenidos en los muestreos en la parcela 2: media de los errores de estimación (MEE), error cuadrático medio (ECM) y error cuadrático medio adimensional (ECMA).

Fecha	Muestreos	Media muestral	Varianza muestral	MEE*	Varianza de los errores	ECM	ECMA
-------	-----------	----------------	-------------------	------	-------------------------	-----	------

Enero	Muestreo 1	32.32	53.1	0.11 ^{ns}	12.61	0.13	1.10
2015	Muestreo 2	131.25	469.82	0.07 ^{ns}	37.99	0.09	1.06
Febrero	Muestreo 1	320.68	4005.86	0.14 ^{ns}	68.25	0.12	1.12
2015	Muestreo 2	504.78	24629	0.10 ^{ns}	32.07	0.10	1.08
Marzo 2015	Muestreo 1	284.23	3782.44	0.12 ^{ns}	49.30	0.07	1.12
	Muestreo 2	121.14	1785.71	0.08 ^{ns}	37.12	0.12	1.09
Abril	Muestreo 1	51.02	185.35	0.09 ^{ns}	28.65	0.13	1.12
2015	Muestreo 2	29.6	70.59	0.11 ^{ns}	15.72	0.10	1.07
Mayo	Muestreo 1	19.63	65.03	0.07 ^{ns}	13.08	.11	1.13
2015	Muestreo 2	11.47	34.68	0.13 ^{ns}	9.64	0.13	1.10
Junio	Muestreo 1	7.3	37.84	0.10 ^{ns}	7.51	0.10	1.09
2015	Muestreo 2	6.09	11.12	0.08 ^{ns}	4.02	0.07	1.11
Julio	Muestreo 1	6.88	10.16	0.14 ^{ns}	1.37	0.14	1.07
2015	Muestreo 2	14.28	32.4	0.12 ^{ns}	4.69	0.10	1.14
Agosto	Muestreo 1	120.39	277.52	0.09 ^{ns}	28.19	0.11	1.08
2015	Muestreo 2	90.68	865.66	0.11 ^{ns}	56.04	0.08	1.13
Septiembre	Muestreo 1	46.77	585.48	0.07 ^{ns}	28.14	0.13	1.10
2015	Muestreo 2	89.99	179.68	0.11 ^{ns}	19.05	0.07	1.09
Octubre	Muestreo 1	64.8	295.01	0.10 ^{ns}	27.69	0.05	1.11
2015	Muestreo 2	45.57	164.73	0.08 ^{ns}	31.06	0.11	1.12

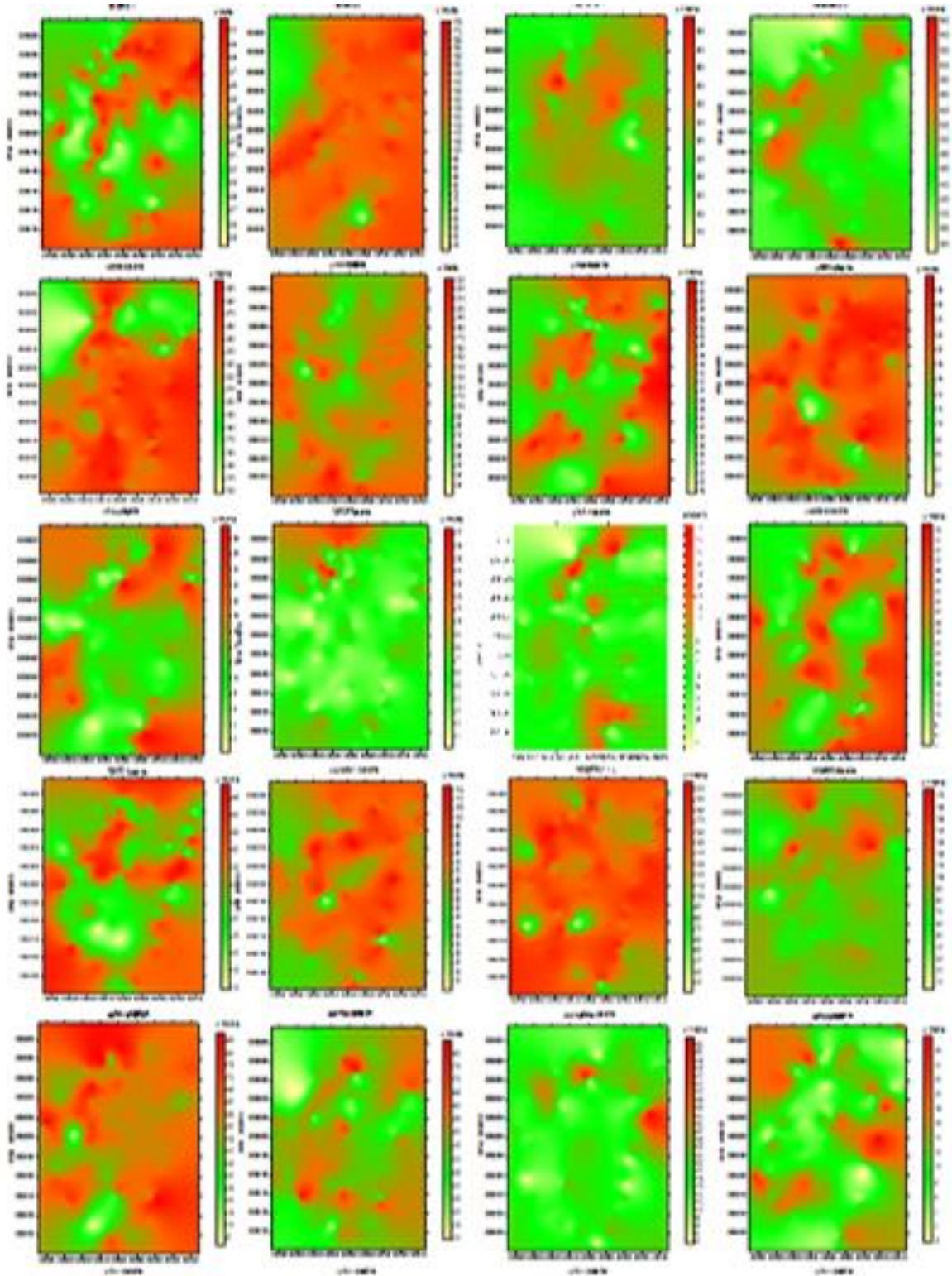


Figura 1. Mapas de densidad de las poblaciones de trips obtenidos en los muestreos de la parcela 1.

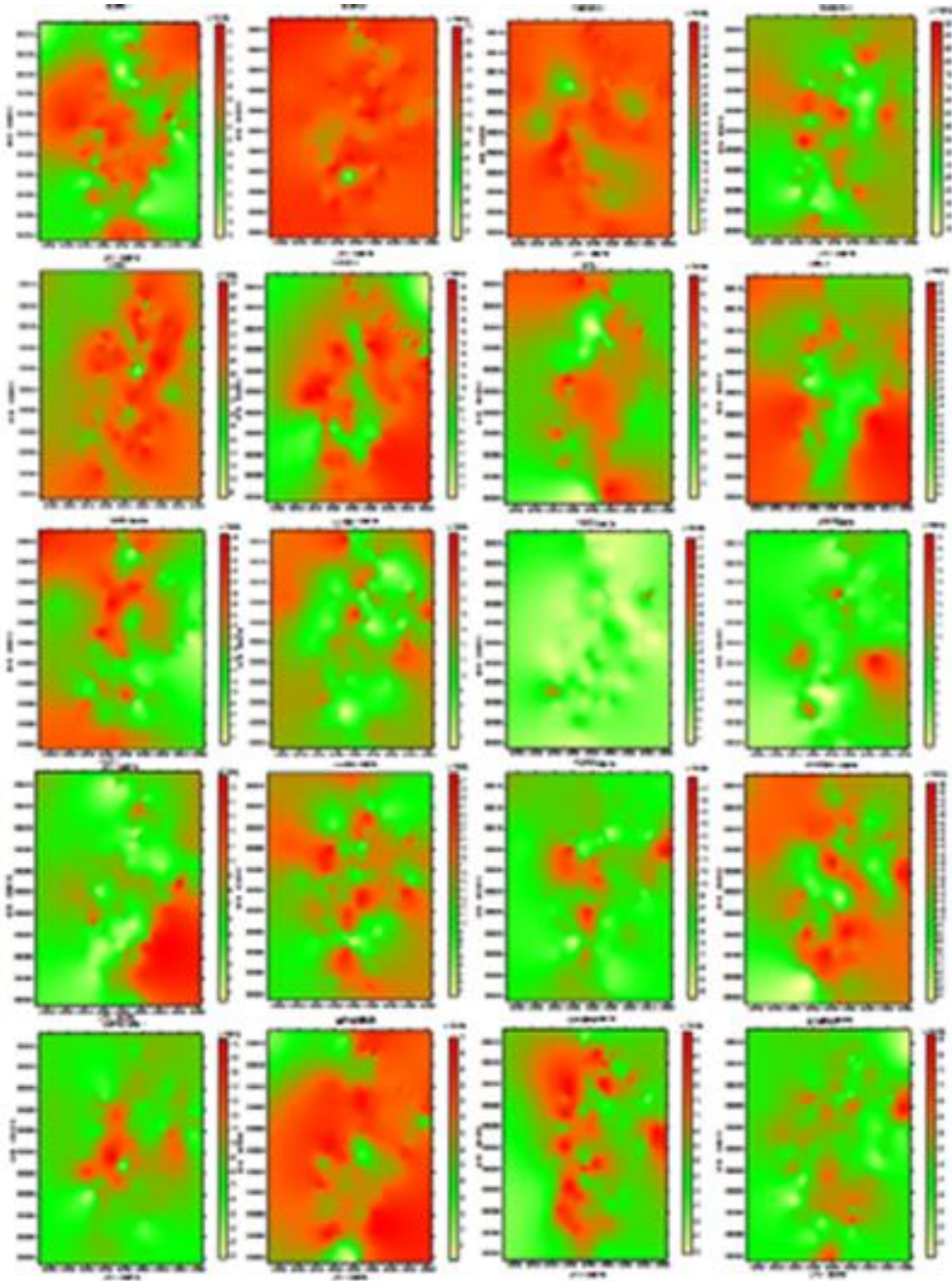


Figura 2. Mapas de densidad de las poblaciones de trips obtenidos en los muestreos de la parcela 2.

En las siguientes tablas se observa que en la mayoría de los meses la infestación fue del 100%, en la parcela 1 hubo una ligera disminución en los meses de Junio y Octubre (Tabla 5), para el caso de la parcela 2 en todos los muestreos la infestación alcanzo el 100% de las parcelas (Tabla 6). Esto quiere decir que en todos los meses hubo presencia de trips en toda la parcela, con diferentes densidades poblacionales, pero se distribuyó en toda la parcela, esto es porque los trips tienen gran capacidad de adaptación y por ende se distribuyen por toda el área de estudio.

Tabla 5. Superficie infestada y no infestada (%) obtenida en el muestreo de trips en la parcela 1.

MUESTREO	% INFESTADO	% NO INFESTADO
ENERO 1	100	0
ENERO 2	100	0
FEBRERO 1	100	0
FEBRERO 2	100	0
MARZO 1	100	0
MARZO 2	100	0
ABRIL 1	100	0
ABRIL 2	100	0
MAYO 1	100	0
MAYO 2	100	0
JUNIO 1	92	8
JUNIO 2	100	0
JULIO 1	100	0
JULIO 2	100	0
AGOSTO 1	100	0
AGOSTO 2	100	0
SEPTIEMBRE 1	100	0
SEPTIEMBRE 2	100	0
OCTUBRE 1	100	0
OCTUBRE 2	88	12

Tabla 6. Superficie infestada y no infestada (%) obtenida en el muestreo de trips en la parcela 2.

MUESTREO	% INFESTADO	% NO INFESTADO
ENERO 1	100	0
ENERO 2	100	0
FEBRERO 1	100	0
FEBRERO 2	100	0
MARZO 1	100	0
MARZO 2	100	0
ABRIL 1	100	0
ABRIL 2	100	0
MAYO 1	100	0
MAYO 2	100	0
JUNIO 1	100	0
JUNIO 2	100	0
JULIO 1	100	0
JULIO 2	100	0
AGOSTO 1	100	0
AGOSTO 2	100	0
SEPTIEMBRE 1	100	0
SEPTIEMBRE 2	100	0
OCTUBRE 1	100	0
OCTUBRE 2	100	0

Discusión

Se registraron trips en todas las parcelas de aguacate, sin embargo, la mayor densidad de poblaciones de trips se presentó en los meses de Febrero, Marzo y Agosto; esto debido a que los árboles se encuentran en etapa de floración. González *et al.* (2000) encontraron que en Michoacán, las poblaciones de trips presentaron picos entre marzo y mayo, mientras que durante el periodo de lluvias (junio-septiembre) la población bajo notablemente, para posteriormente tener un nuevo aumento a partir de octubre. Solares *et al.* (2013) realizaron un estudio de distribución espacial de trips en aguacate en Zitácuaro Michoacán y encontró

que la mayor densidad de trips se presentó en los meses de julio a septiembre. Las poblaciones de trips bajan durante el periodo de lluvias, para el mes de agosto empiezan a aumentar sus poblaciones.

La observación de la estructura agregada en la distribución espacial de trips en plantaciones de aguacate se logró hacer con el uso de la geoestadística. Los modelos geoestadísticos proporcionan una medida más directa de la dependencia espacial, ya que tiene en cuenta la naturaleza bidimensional de la distribución de los organismos a través de su exacta localización espacial y es independiente de la relación entre la media y la varianza. La geoestadística además permite elaborar mapas de densidad de la distribución espacial de un organismo (Rossi *et al.* 1992; Ribes *et al.* 1998). García (2004) utilizó la geoestadística para estudiar la distribución espacial del insecto *Helicoverpa armigera* Hb. en una parcela de tomate, con el empleo de la función variograma, obteniéndose adicionalmente unas representaciones gráficas diarias de dichas distribuciones. Estos mapas se basan en la técnica de estimación geoestadística conocida como krigado, particularmente el krigado ordinario en bloques. Contreras *et al.* (2016) realizaron un estudio de distribución espacial de *Candidatus liberibacter solanacearum* y *Bactericera cockerelli* en papa, en el cual pudieron obtener mapas de densidad de *B. cockerelli* tanto en huevos, ninfas y adultos, usando el krigado.

El uso de las técnicas para modelizar la distribución espacial de insectos han mostrado ser una herramienta muy eficiente para determinar la distribución espacial de diversos insectos plaga en cultivos de importancia económica, han sido reportados diferentes trabajos tal como Jiménez *et al.* (2000) los cuales realizaron un estudio de distribución temporal de trips palmi en papa en Cuba y encontraron que las poblaciones de trips se encontraban en forma agregada dentro de la parcela de estudio. Sciarreta *et al.* (2008) quienes determinaron la distribución espacial de *Lobesia botrana* en parcelas de uva, Bressan *et al.* (2010) determino la distribución espacial de *Pentastiridius leporinus* L., en campos de trigo, Ramírez *et al.* (2011) *Bactericera cockerelli* en papa y Jiménez *et al.* (2013) quienes encontraron que las poblaciones de trips presentan una distribución agregada con varios centros de agregación visualizados en los mapas obtenidos y sus semivariogramas de la distribución espacial se ajustaron a los modelos esférico y gaussiano. Quiñonez *et al.*

(2015) determinaron que las poblaciones de trips presentaron una distribución espacial de tipo agregada en todo el ciclo fenológico del cultivo del gladiolo, las cuales se ajustaron al modelo gaussiano y esférico, generando mapas que reflejaron la estructura agregada de la plaga en puntos específicos dentro de la parcela. Contrario a esto Carrillo *et al.* (2002) realizaron un estudio de la distribución espacial de larvas de escarabaeidos y sus resultados mostraron que las larvas estudiadas no mostraron una distribución agregada, esto pudo haber estado relacionado con la amplia polifagia de las larvas. Estas técnicas también se han aplicado en enfermedades como; el carbón de la espiga del maíz Sánchez *et al.* (2011) y han permitido describir la distribución en agregados de los insectos plaga y enfermedades mencionados, determinando dicha agregación en puntos específicos en las parcelas y regiones estudiadas.

El comportamiento espacial de las poblaciones de trips que se encuentra de forma agregada en la parcela permite sugerir que dichas poblaciones se pueden manejar y por lo tanto reducirlas, aplicando y dirigiendo medidas de control hacia los centros de agregación o puntos específicos en los que se encuentra la plaga y lo podemos realizar visualizando los focos de infestación a través de los mapas generados, esto concuerda con lo propuesto por Rong *et al.* (2006) quienes propusieron realizar el manejo de *Locusta migratoria manilensis* en puntos específicos, Esquivel y Jasso (2014) propusieron dirigir las medidas de control del gusano soldado hacia las zonas específicas en las que había presencia de la plaga dentro de la parcela de estudio. El manejo preciso de plagas a través del enfoque del manejo agronómico en “sitio específico” lo que es la agricultura de precisión ha sido aplicado y recomendado en otras regiones del mundo.

En cuanto a los valores encontrados en el efecto pepita los cuales fueron de cero en todos los modelos ajustados, permite afirmar que la escala de muestreo utilizada fue la adecuada y el error de muestreo fue mínimo Oliver y Webster (1998), esto nos da pie a afirmar que los modelos ajustados tienen un 98% de fiabilidad, lo anterior nos permite deducir que más del 90% de la variación total era debido a la dependencia espacial encontrada en la escala de muestreo utilizada, dicho de otra manera, más del 90% de la variación de la distribución de las poblaciones del ácaro se logró explicar por la estructura espacial establecida con los semivariogramas (Liebhold y Sharov 1998). Ramírez *et al.* (2011) encontraron valores de

pepita igual a cero en un estudio de la distribución espacial de *Bactericera cockerelli* en papa y Solares *et al.* (2013) también encontraron valores de pepita igual a cero en un estudio de la distribución espacial de trips en plantaciones comerciales de aguacate.

La distribución espacial ajustada al modelo esférico es indicativo que dentro de la parcela analizada existen zonas en que se manifiesta más la plaga respecto al resto de puntos considerados en el muestreo, es decir, los centros de agregación son aleatorios dentro de la parcela y el insecto avanza desde una fuente puntual, dichos focos de infestación se observan en los mapas obtenidos. Moral (2004) realizó la distribución espacial del insecto *Helicoverpa armigera* Hb. y sus variogramas teóricos se ajustaron a modelos esféricos o exponenciales, con un efecto pepita. Contreras *et al.* (2016) encontraron que los semivariogramas para huevos y ninfas de *B. cockerelli* se ajustaron al modelo esférico lo que indico la agregación de la plaga en ciertas zonas de la parcela.

La distribución de los trips presentó un alto nivel de dependencia espacial en todos los modelos ajustados, esto es indicativo de la existencia de una fuerte relación espacial de trips en los puntos muestreados. El alto nivel de dependencia espacial resulto de dividir el efecto pepita entre la meseta que fue menor a 25% para todos los semivariogramas. Los valores del efecto pepita indicaron una alta dependencia espacial lo cual indica que las poblaciones de trips dependen entre si y el nivel de agregación es alto (Rossi *et al.* 1992). Esquivel y Jasso (2014) realizaron un estudio de la distribución espacial de gusano soldado en seis localidades del Estado de México utilizando las técnicas de la geoestadística, las cuales mostraron la existencia de una estructura espacial agregada, encontrando un nivel de dependencia espacial alta para las seis localidades en estudio para el año 2011.

En los mapas de densidad obtenidos mediante la técnica de krigeado se observan los centros de agregación que presento el insecto dentro de la parcela, lo cual a la hora de proteger el cultivo contra la plaga permite dirigir de forma precisa las medias de control (Weisz *et al.* 1996; Fleischer *et al.* 1997; Ribes *et al.* 1998; García 2004; Rong *et al.* 2006; Esquivel y Jasso 2014) generando beneficios ambientales al disminuir las aplicaciones de plaguicidas y también económicos al tener un menor uso de combustible, lo cual se verá reflejado en el impacto al medio ambiente, también esto ayudara a que los insectos no generen resistencia a los plaguicidas debido a la creación de refugios temporales dinámicos,

al no tratar toda la superficie del cultivo (Moral *et al.* 2011). La distribución de los centros de infestación dentro de la parcela permite suponer que los trips se originan de una fuente puntual (Hoddle *et al.* 2002). Dichos mapas pueden conducir al manejo con precisión de la plaga, al dirigir las medidas de control hacia las áreas específicas de infestación (Fleischer *et al.* 1999b; Andújar *et al.* 2005). El manejo de focos de infestación permitirá obtener frutos de aguacate que al tener una buena presentación su valor en el mercado no se verá disminuido, esto será beneficioso para los productores ya que su producto les dará una mayor redituabilidad. Los mapas permitieron identificar las áreas de infestación y en la gran mayoría de las fechas de muestreo el trips se distribuyó en el 100% de la parcela esto concuerda con Jiménez *et al.* (2008), quienes determinaron la distribución espacial y mapeo de *Curculio elephas* en encina (*Quercus ilex*), ellos elaboraron cuatro mapas de densidad, uno por cada año, utilizando el método de la distancia inversa como interpolador del programa Surfer 7; estos mapas indican que el insecto se localizó por toda la parcela. Contrario a estos resultados Quiñonez *et al.* (2015) encontraron que las poblaciones de trips en el cultivo del gladiolo no infestaron el 100% de la parcela y estos se encontraban en forma agregada en puntos específicos de infestación, Esquivel y Jasso (2014) realizaron un estudio de distribución espacial y mapeo de gusano soldado en seis localidades en el estado de México en maíz y encontraron que en ninguna de las localidades se presentó un área de infestación del 100% el porcentaje máximo alcanzado de infestación fue del 94%, Jiménez *et al.* (2013) reportaron que las poblaciones de *Frankliniella occidentalis* en tomate de cascara no se distribuyen en la totalidad de todas las parcelas estudiadas. Ramírez *et al.* (2013) encontraron que los mapas de infestación de *Bactericera cockerelli* Sulc sobre papa reflejaron una estructura agregada del insecto el cual no invadió el 100% de la superficie de la parcela, permitiendo identificar áreas libres de infestación, Ramírez y Porcayo (2008) reportaron que las ninfas de *Jacobiasca lybica* no invadieron el 100% de las parcelas de vid en estudio, por lo tanto la infestación no fue uniforme.

Conclusiones

La distribución espacial de las poblaciones de trips se presenta en agregados en las parcelas de estudio. Dicha agregación se visualiza perfectamente en los mapas de densidad

elaborados. La infestación se presenta en el 100% de las parcelas. La información recabada en este trabajo permitirá elaborar programas más eficientes de manejo integrado de la plaga, focalizando las medidas de acción sobre las áreas específicas de infestación, lo que conlleva un ahorro económico importante y una reducción significativa del impacto sobre el medio ambiente si es requerido un combate de la plaga utilizando agroquímicos de manera más racional y dirigida. Con las técnicas geoestadísticas fue posible obtener la distribución espacial y los mapas de densidad de las poblaciones de trips, los cuales se ubicaron en varios centros de agregación dentro del cultivo de aguacate en las parcelas estudiadas.

Bibliografía

- ANDÚJAR, J. L. G.; RUBIO, R. O.; MARTÍNEZ, M. A. L.; DÁVILA, J. R. 2005. Modelización y mapeo de la distribución espacial de las ninfas del mosquito verde " *Jacobiasca lybica*" (Bergevin y Zanon) (Hemiptera, Cicadellidae) en viñedo. Boletín de sanidad vegetal. Plagas. 31 (1): 119-132.
- ASCENSIÓN, B. G.; BRAVO, M. H.; GONZÁLEZ, H. H.; JOHANSEN, N. R. Y BECERRIL, R. A. 1999. Fluctuación poblacional y daño de trips en aguacate C.V. Hass. Rev. Chapingo. Serie Horticultura. 5: 291-296.
- BRESSAN, A.; MORAL, J. F.; SÉMÉTEY, O.; BOUDON, P. E. 2010. Spatio-temporal pattern of *Pentastiridiusleporinus* migration in an ephemeral cropping system. Agricultural and Forest Entomology. 12: 59-68.
- CAMBARDELLA, C.; MOORMAN, T.; NOVAK, J.; PARKIN, T.; KARLEN, D.; TURCO, R.; KONOPKA, A. 1994. Field scale variability of soil properties in central Iowa soils. Soil. Sci. Soc. Am. J. 58: 1501-1511.
- CARRILLO, R.; PAPE, H.; NEIRA, M.; BALOCCHI, O. 2004. Distribución espacial de larvas de dos especies de escarabeidos nativos en respuesta a plantas cultivadas. Sociedad Chilena de Entomología, Santiago (Chile).

- CONTRERAS, R. A.; GUTIÉRREZ, I. A. T.; SILVA, R. H. V.; SÁNCHEZ, P. J. R.; LAGUNA, C. A.; RAMÍREZ, D. J. F. 2016. Distribución Espacial de *Candidatus Liberibacter solanacearum* y *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Triozidae) en Papa (*Solanum tuberosum* L.). *Southwestern Entomologist*. 41 (1): 105-114.
- CORIA, A. V. M. 1993. Principales plagas del aguacate en Michoacán Folleto para productores Núm. 19. SAGAR. INIFAP.
- ENGLUD, E.; SPARKS, A. 1988. GEO-EAS (Geostatistical Environmental Assessment Software) User's Guide. U.S. Environmental protection agency document EPA/600/4-88/033. Environmental Monitoring Systems Laboratory, Las Vegas, NV, USA.
- ESQUIVEL, H. V.; JASSO, G.Y. 2014. Distribución espacial y mapeo de gusano soldado en seis localidades del Estado de México, en el año 2011. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 5: 923-935.
- FISHER, J. B.; DAVENPORT, T.L. 1989. Structure and development of Surface deformation on avocado fruits. *HortScience*. 24: 841-844.
- FLEISCHER, J.; BLOM, E.; WEISZ, R. 1997 a. Sampling in Precision IPM : When The Objective Is a Map. *The American Phytopathological society*. 89 (11): 115- 118.
- FLEISCHER, S.; BLOM, E.; EMMEN, D.; HOWER, A. 1999 b. Dynamics in the spatial continuity of insect Density. *Fourth International Conference on Precision Agriculture*. p. 133- 141.
- GARCÍA, F. M. 2004. Aplicación de la geoestadística en las ciencias ambientales. *Revista Ecosistemas*. 13 (1).
- GONZÁLEZ, H.; SOSA, C.; GONZÁLEZ, M.; VALLE DE LA PAZ, A. 1998. Selección del color de trampas adhesivas para muestreo de trips en el cultivo de aguacate (*Persea americana* Mill.). p. 209-210. En: *Avances de investigación, 1997*. Instituto de Fitosanidad, Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.

- GONZÁLEZ H, H.; JOHANSEN, R.; GASCA, L.; EQUIHUA, A.; SALINAS, A.; ESTRADA, E.; DURAN, F.; VALLE, A. 2000. Plagas del aguacate. En: Téliz., D. (cd). El Aguacate y su Manejo Integrado. Ediciones Mundi Prensa. México, DF. p. 177-186.
- HEVESI, J.; ISTOK, J.; FLINT, A. 1992. Precipitation estimation in mountainous terrain using multivariate geostatistics. Part. I. Structural analysis. *Journal of Applied Meteorology*. 31 (7): 661 – 676.
- HODDLE, M. S. 2002. Developmental and reproductive biology of *Scirtothrips perseae* (Thysanoptera: Thripidae): a new avocado pest in California. *Bulletin of entomological research*. 92 (04): 279-285.
- ISAAKS, E.; SRIVASTAVA, M. 1989. Spatial continuity measures for probabilistic and deterministic geostatistics. *Mathematical Geology*. 20 (4): 313 – 341.
- JIMÉNEZ, A.; LÓPEZ, M.; GONZÁLEZ, A. J.; OCETE, M.; SORIA, F. 2008. Distribución espacial y mapeo de *Curculio elephas* Gyllenhal en encina (*Quercus ilex* L.), *Agrociencia*. 12: 35-43.
- JIMÉNEZ, R. D. L. A.; RAMÍREZ, D. J. F.; SÁNCHEZ, P. J. R.; SALGADO, S. M. L.; LAGUNA, C. A. 2013. Modelización espacial de *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) en tomate de cáscara por medio de técnicas geoestadísticas. *Revista Colombiana de Entomología*. 39 (2): 183-192.
- JIMÉNEZ, J.; CORTIÑAS, J.; LÓPEZ, D. 2000. Distribución temporal y espacial y consideraciones para el monitoreo de *Thrips palmi* en papa en Cuba. Temporal and spatial distribution and considerations for the monitoring of *Thrips palmi* on potato in Cuba. *Manejo Integrado de Plagas (CATIE)*. Set 2000. 57: 54-57.
- JOURNEL, A.; HUIJBREGTS, C. J. 1978. *Mining geostatistics*. Academic Press, London, Reino Unido. 600 p.

- LIEBHOLD, A.; SHAROV, A. 1998. Testing for correlation in the presence of spatial autocorrelation in insect count data. *Population and community Ecology for insect management and conservation*. p. 1 – 117.
- MORAL, F. J.; TERRON, J. M.; REBOLLO, F. J. 2011. Site-specific management zones based on the Rasch model and geostatistical techniques. *Comp. Electron. Agri.* 75: 223–230
- NAAMANI, G. 2007. Developments in the avocado world. *California Avocado Society*. 2007. p. 71-76.
- OLIVER, M.; WEBSTER, R. 1998. How geostatistics can help you. *Soil use and management*. 7 (4): 206 – 217.
- QUIÑONES, V. R.; SÁNCHEZ, P. J. R.; PEDRAZA, E. A. K.; CASTAÑEDA, V. A.; GUTIERREZ, I. A. T.; RAMÍREZ, D. J. F. 2015. Análisis Espacial de Thrips spp. (Thysanoptera) en el Cultivo de Gladiolo en la Región Sureste del Estado de México, México. *Southwestern Entomologist*. 40 (2): 397-408.
- RAMÍREZ, D. J. F.; PORCAYO, C. E. 2008. Distribución espacial de las ninfas de *Jacobiasca lybica* (Hemiptera: Cicadellidae) en un viñedo en Andalucía, España. *Revista Colombiana de Entomología*. 34 (2): 169-175.
- RAMÍREZ, D. J. F.; SOLARES, A. V. M.; FIGUEROA, F. D. K.; SÁNCHEZ, P. J. R. 2013. Comportamiento espacial de trips (Insecta: Thysanoptera), en plantaciones comerciales de aguacate (*Persea americana* Mill.) en Zitácuaro, Michoacán, México. *Acta zoológica mexicana*. 29 (3): 545-562.
- RAMÍREZ, D. J. F.; PORCAYO, C. E.; SÁNCHEZ, P. J. R. 2011. Análisis de la distribución espacial de *Bactericera cockerelli* sulc (hemiptera: trioziadae) en *Solanum tuberosum* l. en Donato Guerra, México. *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle*. 12 (1): 12-24.
- RIBES, D. M.; BASCUÑANA, C. M.; AVILLA, H. J. 1998. Estudio de la distribución espacial de *Cydia pomonella* (L.) y *Pandemis heparana* (Denis & Schiffermüller) en

- Torregrossa (Lleida) mediante métodos geoestadísticos. Boletín de sanidad vegetal. Plagas, 1998. 24 (4): 935-948.
- RONG, J.; DIAN, M. L.; BAO, Y. X.; ZHE, L.; DONG, L. 2006. Spatial Distribution of Oriental Migratory Locust (Orthoptera: Acrididae) Egg Pod Populations: Implications for Site-specific Pest Management. Environmental Entomology. 35: 1244-1248.
- ROSSI, R. E.; MULLA, J. D.; JOURNEL, A. G.; FRANZ, E. H. 1992. Geostatistical Tools for Modeling and interpreting Ecological Spatial Dependence. Ecological Monographs. 62 (2): 277-314.
- SALGADO, S. M. L. 1993. Problemas fitosanitarios del aguacate en Coatepec Harinas. Memorias Centro de Investigaciones científicas y tecnológicas del aguacate en el Estado de México. p. 191-212.
- SANCHEZ, P. J. R.; RAMIREZ, D. J. F.; GONZALEZ, H. A.; DE LEON, C. 2011. Modelization of the spatial distribution of corn head smut (*Sporisorium reilianum* Langdon and Fullerton) in Mexico. Spanish Journal of Agricultural Research. 9 (3), 882-893.
- SCIARRETTA, A.; ZINNI, A.; MAZZOCCHETTI, A.; TREMATERRA, P. 2008. Spatial Analysis of *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae) Male Population in a Mediterranean Agricultural Landscape in Central Italy. Environmental Entomology April 2008. 37 (2): 382-390.
- SIAP. 2014. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. SIAP. <http://www.siap.gob.mx/> (Consulta: 7 de noviembre 2014).
- SOLARES, A. V. M.; RAMÍREZ, D. J. F.; SÁNCHEZ, P. J. R. 2013. Distribución Espacial de trips (Insecta: thysanoptera) en el cultivo de aguacate (*Persea americana* mill.). Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle. 12 (2): 1-12.
- WEISZ, R.; FLEISCHER, J.; SMILOWITZ, Z. 1996. Site specific integrated pest management for high value crops: Impact on potato pest management. J. Econ. Entomol. 89: 501 – 509.

VI. OTROS RESULTADOS

6.1 Análisis geoestadístico

Parcela 1

Los modelos y los parámetros de los semivariogramas ajustados para cada uno de los muestreos de trips realizados en la parcela 1 se detallan en la Tabla 1.

Tabla 1. Parámetros (Efecto Pepita, Meseta y Rango) de los modelos ajustados a los semivariogramas de las poblaciones de trips en el cultivo de aguacate, correspondientes a la parcela 1 para el año 2014-2015

Mes/año	Muestreos	Modelo	Pepita	Meseta	Rango	Pepita/ Meseta	Nivel de dependencia espacial	Coefficiente de Curtosis
AÑO 2014								
Febrero	Muestreo 1	Esférico	0	347.8	15.6	0	Alta	2.65
	Muestreo 2	Esférico	0	2320	14.4	0	Alta	1.45
Marzo	Muestreo 1	Esférico	0	752	13.2	0	Alta	0.32
	Muestreo 2	Esférico	0	1116	16.8	0	Alta	0.67
Abril	Muestreo 1	Esférico	0	282	16.8	0	Alta	1.84
	Muestreo 2	Esférico	0	20.9	13.2	0	Alta	0.98
Mayo	Muestreo 1	Esférico	0	10.2	13.2	0	Alta	1.73
	Muestreo 2	Gaussiano	0	3.145	11.2	0	Alta	0.24
Junio	Muestreo 1	Esférico	0	9.96	13.2	0	Alta	-0.61
	Muestreo 2	Gaussiano	0	16.53	13.2	0	Alta	2.45
Julio	Muestreo 1	Gaussiano	0	96	14.3	0	Alta	1.11
	Muestreo 2	Gaussiano	0	269.7	12.1	0	Alta	-0.88
Agosto	Muestreo 1	Esférico	0	487.2	15.4	0	Alta	2.26
	Muestreo 2	Gaussiano	0	228.8	12.1	0	Alta	-1.31
Septiembre	Muestreo 1	Esférico	0	200.1	18.7	0	Alta	2.04
	Muestreo 2	Esférico	0	88	17.6	0	Alta	-2.67
Octubre	Muestreo 1	Gaussiano	0	7.56	15.6	0	Alta	1.65
	Muestreo 2	Gaussiano	0	10.08	9.9	0	Alta	0.90
Noviembre	Muestreo 1	Gaussiano	0	10.08	9.9	0	Alta	1.55
	Muestreo 2	Esférico	0	4.115	17.6	0	Alta	-1.42
Diciembre	Muestreo 1	Esférico	0	18.69	13.2	0	Alta	2.06
	Muestreo 2	Esférico	0	15.3	13.2	0	Alta	1.69
AÑO 2015								
Enero	Muestreo 1	Esférico	0	21.56	14.4	0	Alta	0.67
	Muestreo 2	Esférico	0	347.8	15.6	0	Alta	-1.09
Febrero	Muestreo 1	Esférico	0	7372	54.4	0	Alta	0.66
	Muestreo 2	Esférico	0	2880	43.2	0	Alta	-0.73
Marzo	Muestreo 1	Esférico	0	1564	46.4	0	Alta	-2,60
	Muestreo 2	Esférico	0	1068	44.8	0	Alta	1.89
Abril	Muestreo 1	Esférico	0	118.9	46.4	0	Alta	1.50

	Muestreo 2	Esférico	0	30.8	44.8	0	Alta	2.14
Mayo	Muestreo 1	Esférico	0	40.42	43.2	0	Alta	1.78
	Muestreo 2	Esférico	0	10.2	44.8	0	Alta	-0.59
Junio	Muestreo 1	Esférico	0	15.66	54.4	0	Alta	2.63
	Muestreo 2	Esférico	0	93.5	54.4	0	Alta	1.19
Julio	Muestreo 1	Esférico	0	206.8	65.6	0	Alta	-1.56
	Muestreo 2	Esférico	0	372	65.6	0	Alta	2.08
Agosto	Muestreo 1	Esférico	0	1116	65.6	0	Alta	-1.60
	Muestreo 2	Esférico	0	524.4	67.2	0	Alta	2.15
Septiembre	Muestreo 1	Esférico	0	213.2	46.4	0	Alta	1.36
	Muestreo 2	Esférico	0	169.1	25.6	0	Alta	-1.33
Octubre	Muestreo 1	Esférico	0	64.08	25.6	0	Alta	-0.76
	Muestreo 2	Esférico	0	43.64	67.8	0	Alta	2.19

Previo al análisis geoestadístico se hizo un análisis estadístico dentro del cual se realizó una prueba del curtosis, la cual permitió determinar que existía normalidad en los datos recolectados, por lo cual no fue necesario realizar la transformación de los mismos. El coeficiente de curtosis indica normalidad cuando los valores están comprendidos en el rango de -3 a 3, en la tabla anterior todos los valores estuvieron comprendidos dentro de este rango.

En cuanto al análisis geoestadístico, para la parcela 1 se encontró que la mayoría de los meses se ajustaron el modelo esférico, solo los meses de mayo, junio, julio, agosto, octubre y noviembre en al menos uno de sus muestreos se ajustaron al modelo Gaussiano. La distribución espacial ajustada al modelo esférico nos indica que dentro de la parcela estudiada existen zonas en la que se manifiesta más la plaga, es decir, existen focos de infestación que son aleatorios dentro de la parcela y estos avanzan desde una fuente puntual. El ajuste al modelo Gaussiano nos indica que el comportamiento de la agregación de la plaga se expresa de forma continua dentro de la parcela estudiada.

En todos los muestreos y modelos ajustados se obtuvo un efecto pepita igual a cero, el tener un valor bajo en la pepita indica que la escala de muestreo utilizada fue la correcta y el error de muestreo fue mínimo.

En la tabla anterior (Tabla 1) se expone el nivel de dependencia espacial, la cual fue alta para todos los casos, la distribución espacial de los trips fue de tipo agregada para cada una de las fechas de muestreo. Los valores de Rango se situaron entre 18.7 el más alto y 9.9m el más bajo, eso en al año 2014, para el año 2015 sus valores de rango estuvieron entre 67.8 y 14.4m, estas distancias entre los rangos nos indican hasta donde existe dependencia espacial de los datos muestreados, ya que más allá del valor máximo de la distancia, la dependencia espacial es nula.

Tabla 2. Valores de los estadísticos de la validación cruzada de los semivariogramas obtenidos en los muestreos en la parcela 1 en el año 2014-2015: media de los errores de estimación (MEE), error cuadrático medio (ECM) y error cuadrático medio adimensional (ECMA)

Fecha	Muestreos	Modelo	Media Muestral	Varianza Muestral	MEE*	Varianza de los errores	ECM	ECMA
AÑO 2014								
Febrero	Muestreo 1	Esférico	334.51	5444.24	0.09 ^{ns}	56.31	0.07	1.08
	Muestreo 2	Esférico	455.77	2888.37	0.10 ^{ns}	33.89	0.09	1.11
Marzo	Muestreo 1	Esférico	251.35	796.84	0.12 ^{ns}	21.07	0.13	1.13
	Muestreo 2	Esférico	142.32	1150.28	0.08 ^{ns}	58.19	0.11	1.09
Abril	Muestreo 1	Esférico	47.14	292.01	0.10 ^{ns}	16.72	0.04	1.06
	Muestreo 2	Esférico	21.94	21.79	0.12 ^{ns}	9.16	0.08	1.10
Mayo	Muestreo 1	Esférico	12.52	11.03	0.10 ^{ns}	3.24	0.11	1.12
	Muestreo 2	Gaussiano	3.66	3.6	0.09 ^{ns}	1.07	0.09	1.08
Junio	Muestreo 1	Esférico	4.11	7.35	0.07 ^{ns}	2.55	0.13	1.06
	Muestreo 2	Gaussiano	27.87	122.95	0.13 ^{ns}	19.95	0.06	1.10
Julio	Muestreo 1	Gaussiano	38.74	252.99	0.11 ^{ns}	46.72	0.08	1.12
	Muestreo 2	Gaussiano	80.15	252.9	0.09 ^{ns}	39.01	0.10	1.05
Agosto	Muestreo 1	Esférico	147.21	829.83	0.14 ^{ns}	50.13	0.12	1.13
	Muestreo 2	Gaussiano	80.16	174.64	0.08 ^{ns}	37.05	0.05	1.07
Septiembre	Muestreo 1	Esférico	55.23	252.87	0.10 ^{ns}	26.61	0.12	1.09
	Muestreo 2	Esférico	39.48	145.76	0.12 ^{ns}	30.68	0.11	1.11
Octubre	Muestreo 1	Gaussiano	15.54	9.37	0.07 ^{ns}	4.09	0.07	1.13
	Muestreo 2	Gaussiano	5.03	1.85	0.11 ^{ns}	0.69	0.11	1.07
Noviembre	Muestreo 1	Gaussiano	2.1	2.78	0.14 ^{ns}	0.75	0.05	1.12
	Muestreo 2	Esférico	1.3	1.85	0.10 ^{ns}	0.24	0.12	1.08
Diciembre	Muestreo 1	Esférico	11.21	20.92	0.09 ^{ns}	5.11	0.08	1.06
	Muestreo 2	Esférico	20.36	17.09	0.11 ^{ns}	4.83	0.10	1.11
AÑO 2015								
Enero	Muestreo 1	Esférico	32.54	21.8	0.11 ^{ns}	5.09	0.12	1.12
	Muestreo 2	Esférico	128.36	369.7	0.07 ^{ns}	36.1	0.09	1.10
Febrero	Muestreo 1	Esférico	357.30	7556.6	0.13 ^{ns}	44.22	0.12	1.08
	Muestreo 2	Esférico	476.99	2992.51	0.11 ^{ns}	37.19	0.10	1.10

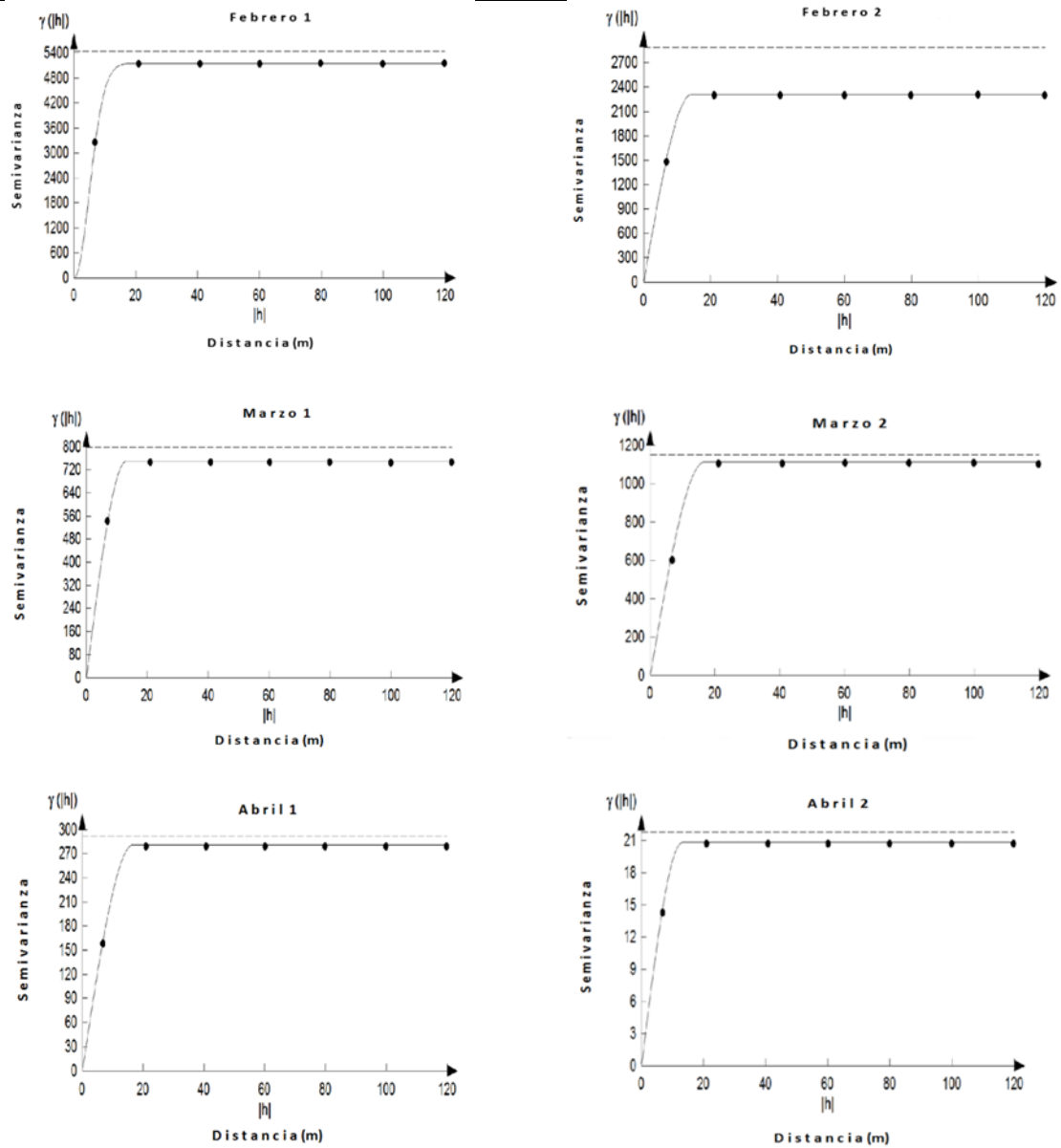
Marzo	Muestreo 1	Esférico	231.52	1693.32	0.08 ^{ns}	28.93	0.07	1.07
	Muestreo 2	Esférico	128.36	1162.14	0.12 ^{ns}	51.94	0.11	1.13
Abril	Muestreo 1	Esférico	42.14	131.15	0.10 ^{ns}	20.16	0.13	1.10
	Muestreo 2	Esférico	20.08	34.29	0.09 ^{ns}	10.07	0.12	1.12
Mayo	Muestreo 1	Esférico	14.57	46.36	0.12 ^{ns}	5.99	0.09	1.09
	Muestreo 2	Esférico	5.09	11.51	0.08 ^{ns}	3.06	0.12	1.11
Junio	Muestreo 1	Esférico	7.27	17.56	0.14 ^{ns}	4.11	0.10	1.06
	Muestreo 2	Esférico	27.37	102.71	0.07 ^{ns}	27.85	0.08	1.10
Julio	Muestreo 1	Esférico	41.5	215.72	0.10 ^{ns}	29.06	0.10	1.13
	Muestreo 2	Esférico	75.58	393.97	0.12 ^{ns}	32.51	0.11	1.09
Agosto	Muestreo 1	Esférico	145.36	1145.69	0.08 ^{ns}	35.56	0.08	1.11
	Muestreo 2	Esférico	86.95	569.39	0.12 ^{ns}	47.04	0.11	1.12
Septiembre	Muestreo 1	Esférico	57.37	257.89	0.10 ^{ns}	35.28	0.07	1.07
	Muestreo 2	Esférico	46.20	180.49	0.09 ^{ns}	29.04	0.10	1.13
Octubre	Muestreo 1	Esférico	18.12	71.14	0.07 ^{ns}	8.15	0.12	1.10
	Muestreo 2	Esférico	10.07	44.39	0.13 ^{ns}	6.31	0.11	1.09

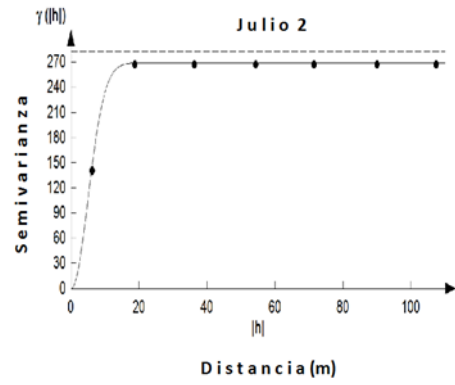
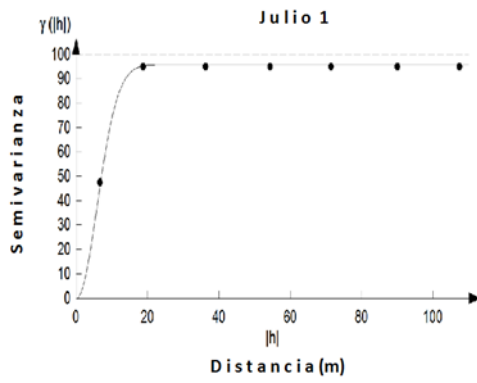
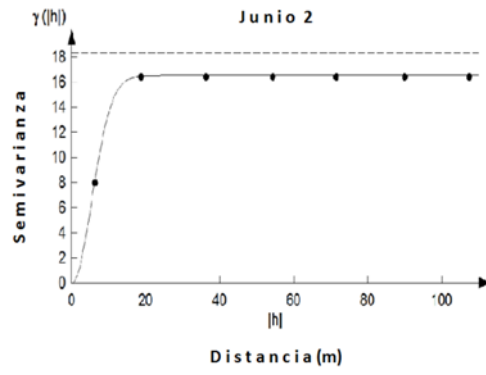
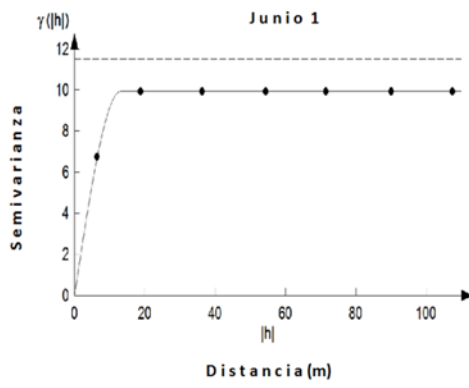
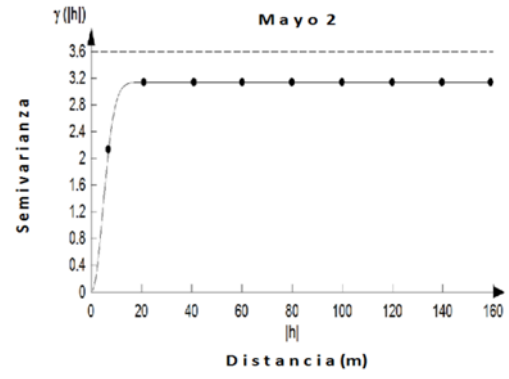
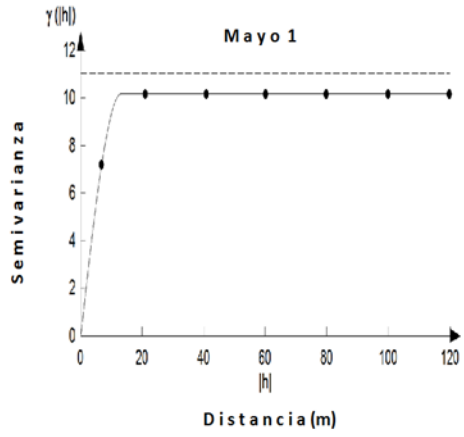
En la Tabla 2 se observan los valores de la validación de los semivariogramas, donde se encontró que el mes de febrero obtuvo las medias muestrales más altas, siendo el segundo muestreo de éste mes el que tuvo la mayor media con un total de 455 trips, agosto fue el segundo mes con medias más altas el cual tuvo 147 trips en el primer muestreo y el mes en el que se presentó la media más baja fue noviembre con un valor de 1.3 trips en su segundo muestreo, todo esto en el año 2014, para el año 2015 de igual forma febrero y agosto obtuvieron las medias más altas con 476 trips en el segundo muestreo de febrero y 145 trips en el primer muestreo de agosto, mientras que los meses que obtuvieron medias más bajas fueron mayo en el segundo muestreo con 5 trips y junio en su primer muestreo con 7 trips.

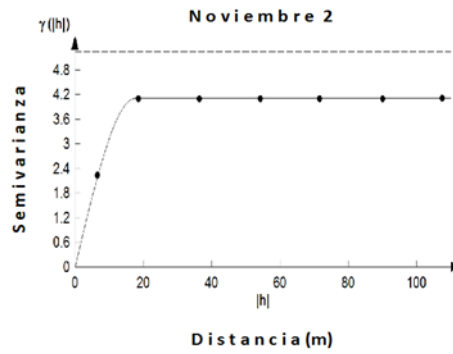
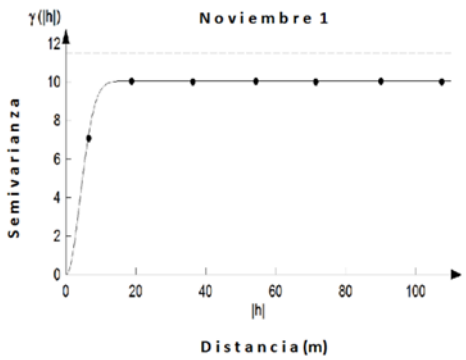
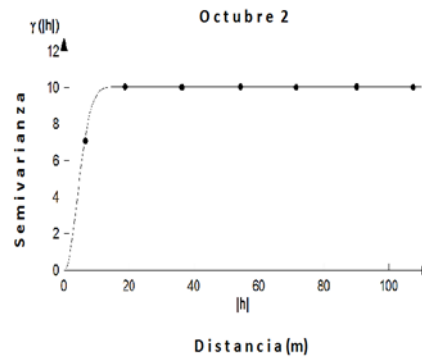
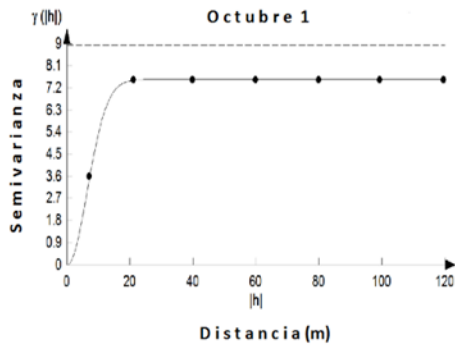
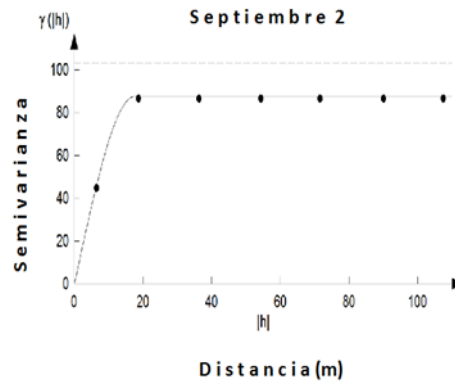
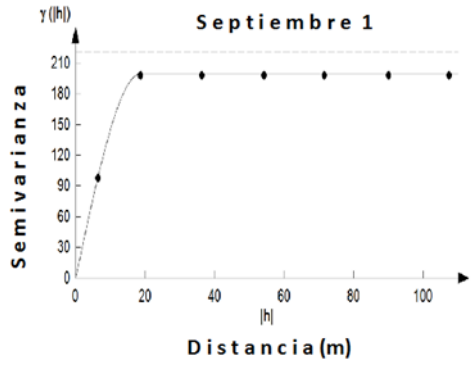
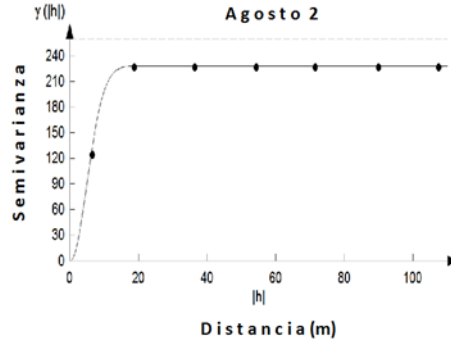
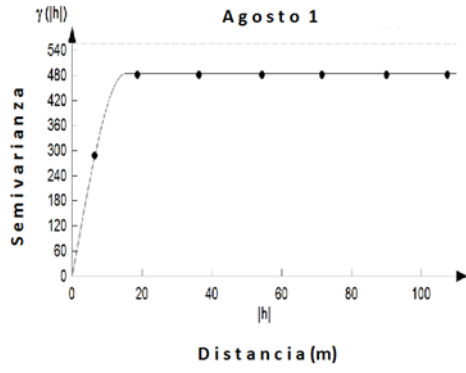
En la siguiente figura se observan los semivariogramas correspondientes (modelos ajustados), elaborados para los muestreos de trips en la parcela 1.

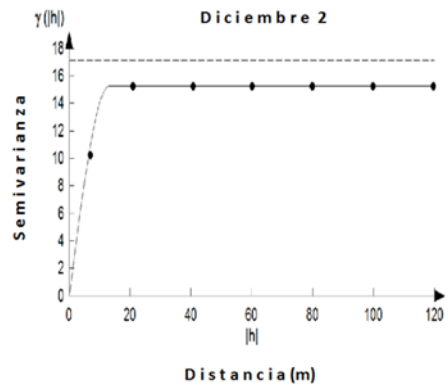
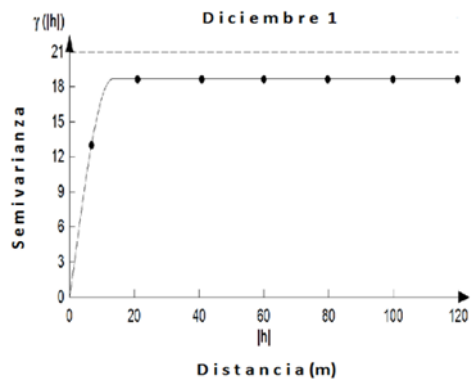
Figura 10. Semivariogramas correspondientes a la parcela 1 para los muestreos del año 2014 y 2015.

AÑO 2014

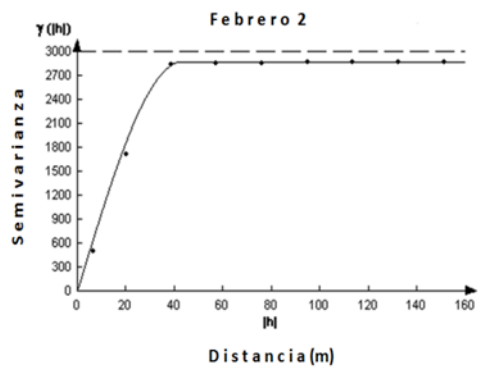
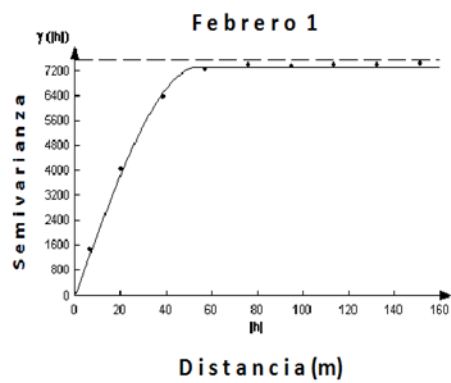
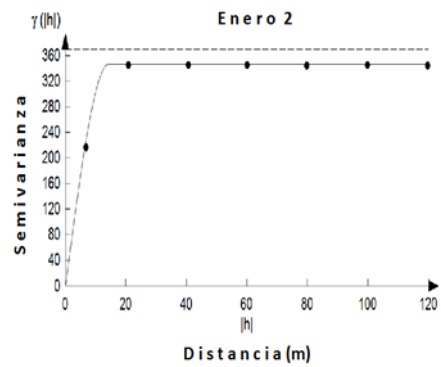
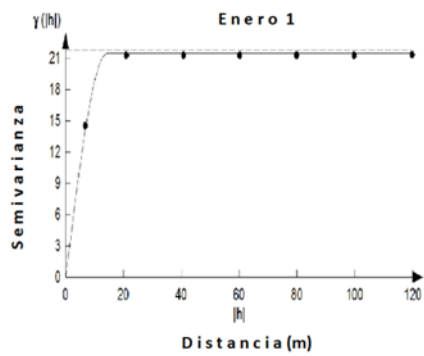


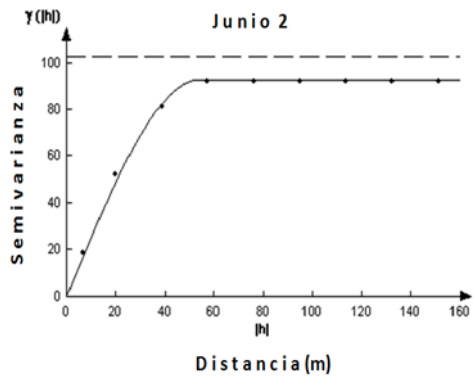
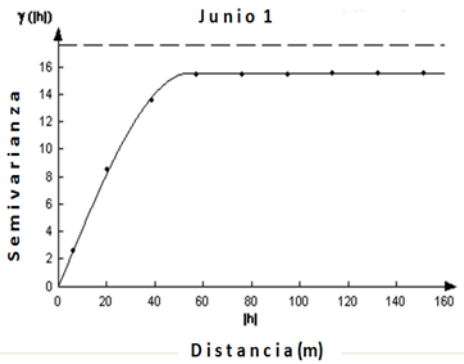
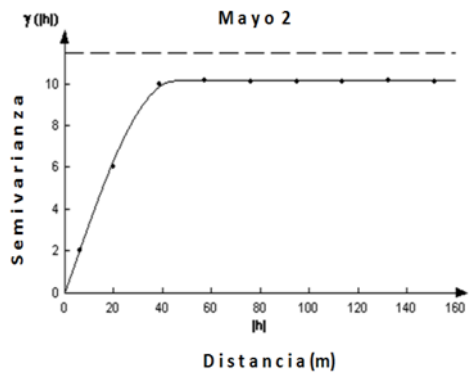
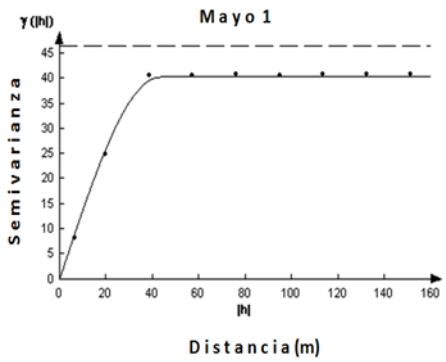
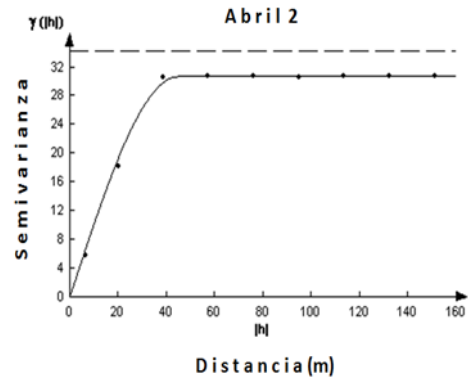
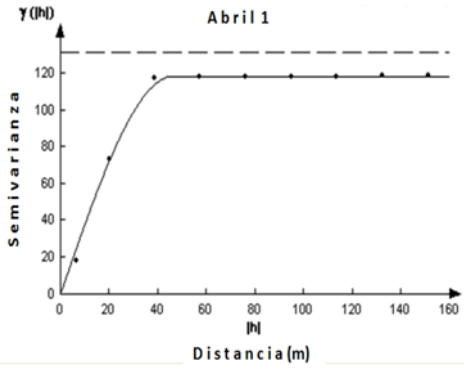
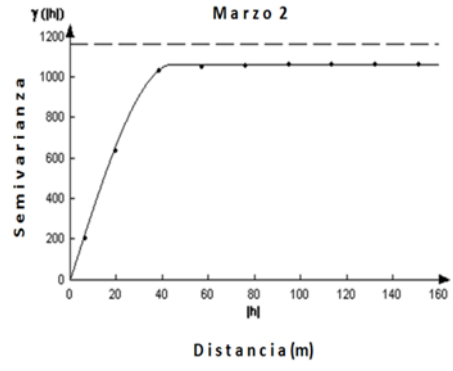
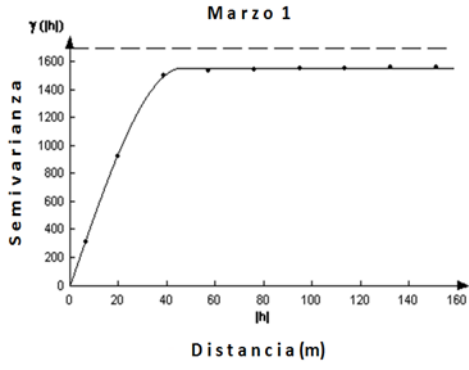


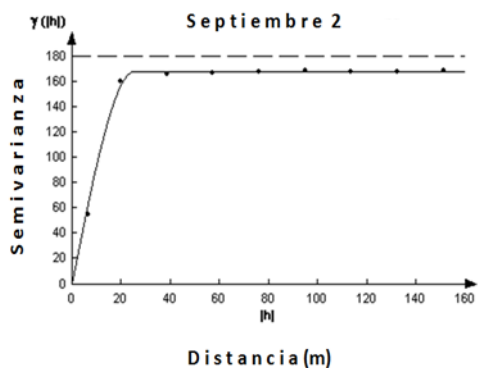
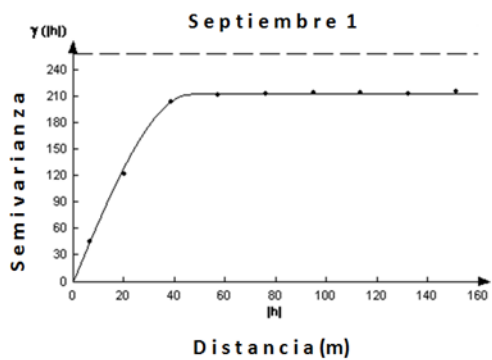
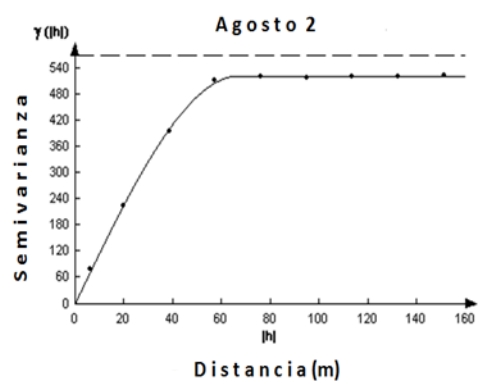
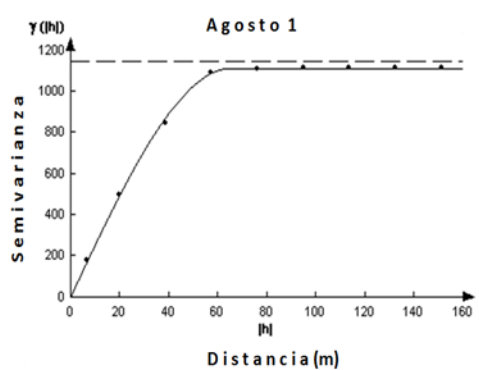
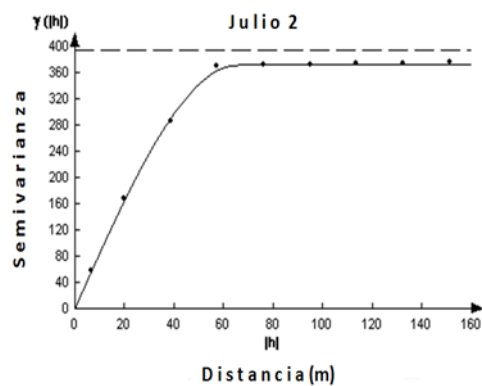
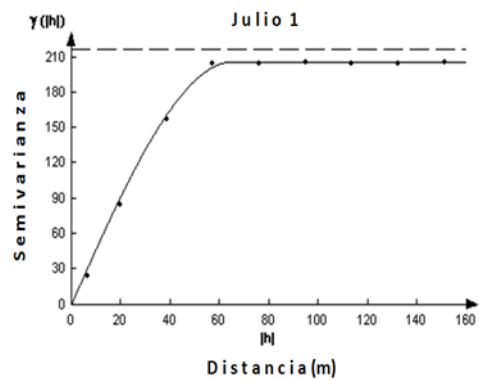


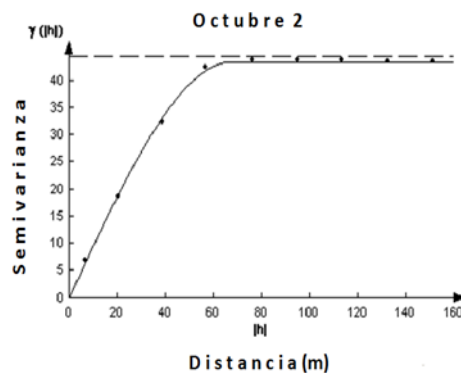
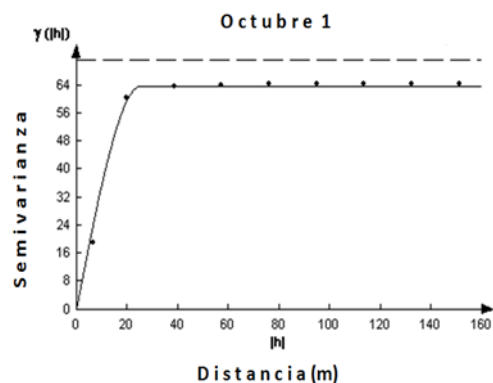


AÑO 2015









Parcela 2

Los modelos y los parámetros de los semivariogramas ajustados para cada uno de los muestreos de trips realizados en la parcela 2 se detallan en la Tabla 3

Tabla 3. Parámetros (Efecto Pepita, Meseta y Rango) de los modelos ajustados a los semivariogramas de las poblaciones de trips en el cultivo de aguacate, correspondientes a la parcela 2 para el año 2014 y 2015.

Mes	Muestreos	Modelo	Pepita	Meseta	Rango	Pepita/ Meseta	Nivel de dependencia espacial	Coficiente de Curtosis
AÑO 2014								
Febrero	Muestreo 1	Gaussiano	0	1860	9.6	0	Alta	1.04
	Muestreo 2	Esférico	0	1659	17	0	Alta	1.58
Marzo	Muestreo 1	Esférico	0	1320	12	0	Alta	-1.39
	Muestreo 2	Esférico	0	378	12	0	Alta	-1.06
Abril	Muestreo 1	Esférico	0	150.4	12	0	Alta	-2.87
	Muestreo 2	Esférico	0	43.7	15.2	0	Alta	1.73
Mayo	Muestreo 1	Esférico	0	9.75	18	0	Alta	1.84
	Muestreo 2	Esférico	0	8.036	13.2	0	Alta	-0.97
Junio	Muestreo 1	Esférico	0	6.076	12	0	Alta	1.54
	Muestreo 2	Esférico	0	4.836	24	0	Alta	2.61
Julio	Muestreo 1	Esférico	0	6.66	15.6	0	Alta	-2.12
	Muestreo 2	Esférico	0	113.1	13.2	0	Alta	-2.04
Agosto	Muestreo 1	Esférico	0	755.3	14.4	0	Alta	1.80
	Muestreo 2	Gaussiano	0	226.2	12	0	Alta	1.67
Septiembre	Muestreo 1	Esférico	0	153	12	0	Alta	-0.83
	Muestreo 2	Esférico	0	186	12	0	Alta	1.51
Octubre	Muestreo 1	Esférico	0	239.2	16.8	0	Alta	1.68
	Muestreo 2	Esférico	0	133.5	14.4	0	Alta	-1.24
Noviembre	Muestreo 1	Gaussiano	0	2.52	15.6	0	Alta	2.16
	Muestreo 2	Gaussiano	0	1.615	15.6	0	Alta	-0.83
Diciembre	Muestreo 1	Gaussiano	0	8.648	12	0	Alta	2.11

	Muestreo 2	Gaussiano	0	8.245	10.8	0	Alta	1.89
AÑO 2015								
Enero	Muestreo 1	Esférico	0	51.3	13.2	0	Alta	-0.77
	Muestreo 2	Esférico	0	408.9	13.5	0	Alta	-0.45
Febrero	Muestreo 1	Esférico	0	3485	46.5	0	Alta	0.47
	Muestreo 2	Esférico	0	21250	43.5	0	Alta	1.52
Marzo	Muestreo 1	Esférico	0	3610	27	0	Alta	2.05
	Muestreo 2	Esférico	0	1530	43.5	0	Alta	-2.17
Abril	Muestreo 1	Esférico	0	171	39	0	Alta	1.69
	Muestreo 2	Esférico	0	63.9	42	0	Alta	0.44
Mayo	Muestreo 1	Esférico	0	57.42	40.5	0	Alta	0.49
	Muestreo 2	Esférico	0	29.05	43.5	0	Alta	-0.67
Junio	Muestreo 1	Esférico	0	32.3	42	0	Alta	0.12
	Muestreo 2	Esférico	0	9.12	42	0	Alta	-1.95
Julio	Muestreo 1	Esférico	0	9.57	40.5	0	Alta	-0.66
	Muestreo 2	Esférico	0	32.34	42	0	Alta	-2.34
Agosto	Muestreo 1	Esférico	0	238	40.5	0	Alta	1.09
	Muestreo 2	Esférico	0	800.4	39	0	Alta	2.36
Septiembre	Muestreo 1	Esférico	0	483.8	42	0	Alta	0.70
	Muestreo 2	Esférico	0	156.6	39	0	Alta	-0.22
Octubre	Muestreo 1	Esférico	0	240	40.5	0	Alta	0.15
	Muestreo 2	Esférico	0	156.4	43.5	0	Alta	1.21

En la tabla anterior correspondiente a la parcela 2 se realizó una prueba de curtosis, la cual permitió determinar que existía normalidad en los datos recolectados, por lo cual no fue necesario realizar la transformación de los mismos. El coeficiente de curtosis indica normalidad cuando los valores están comprendidos en el rango de -3 a 3, en la tabla anterior todos los valores estuvieron comprendidos dentro de este rango.

Se observa que la mayoría de los muestreos se ajustaron al modelo esférico, solo los meses de febrero en el primer muestreo, agosto en su segundo muestreo y los dos muestreos de noviembre y diciembre se ajustaron al modelo Gaussiano para sus dos fechas de muestreo.

Se obtuvo un efecto pepita igual a cero, lo cual es indicativo de que la escala de muestreo utilizada fue la correcta y el error de muestreo fue mínimo, la dependencia espacial obtenida es alta para todos los casos y la distribución espacial de los trips fue de tipo agregada. Se obtuvieron valores de rango que estuvieron comprendidos

entre 9.6m el valor más pequeño y 24m el más alto en el año 2014, para el 2014 los valores fueron de 13.2 m el más bajo y 46.5m el más alto, estos valores nos indican que existe una fuerte agregación de la plaga dentro de la parcela.

Tabla 4. . Valores de los estadísticos de la validación cruzada de los semivariogramas obtenidos en los muestreos en la parcela 2 en el año 2014 y 2015: media de los errores de estimación (MEE), error cuadrático medio (ECM) y error cuadrático medio adimensional (ECMA)

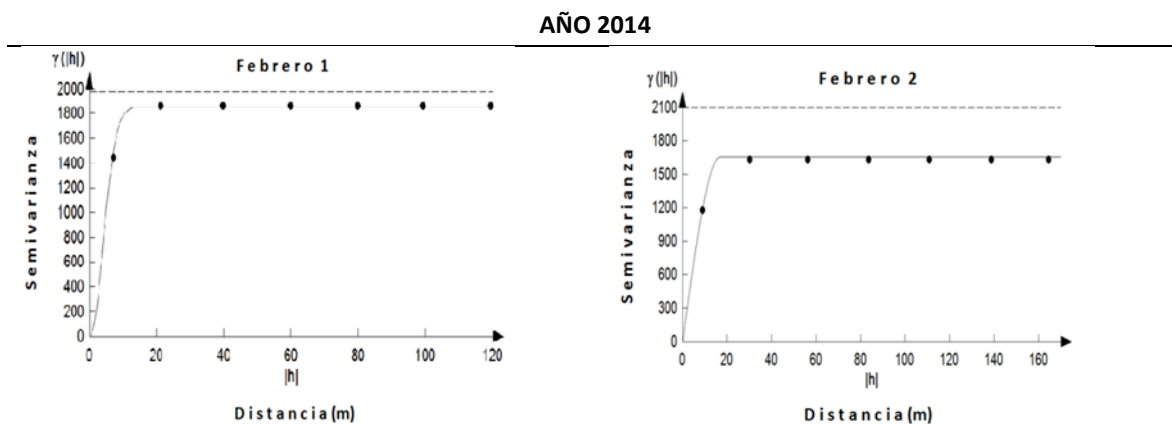
Mes	Muestreos	Modelo	Media Muestral	Varianza Muestral	MEE*	Varianza de los errores	ECM	ECMA
AÑO 2014								
Febrero	Muestreo 1	Gaussiano	355.21	1985.56	0.10 ^{ns}	58.04	0.07	1.12
	Muestreo 2	Esférico	473.24	2095.64	0.08 ^{ns}	67.19	0.06	1.06
Marzo	Muestreo 1	Esférico	310.24	1431.9	0.13 ^{ns}	28.72	0.09	1.13
	Muestreo 2	Esférico	135.87	413.9	0.10 ^{ns}	25.14	0.04	1.10
Abril	Muestreo 1	Esférico	58.69	155.2	0.09 ^{ns}	16.73	0.08	1.11
	Muestreo 2	Esférico	23.4	45.2	0.14 ^{ns}	10.55	0.11	1.13
Mayo	Muestreo 1	Esférico	14.1	12.0	0.11 ^{ns}	5.08	0.09	1.09
	Muestreo 2	Esférico	10.47	8.12	0.07 ^{ns}	3.22	0.13	1.12
Junio	Muestreo 1	Esférico	5.06	6.19	0.12 ^{ns}	3.91	0.06	1.11
	Muestreo 2	Esférico	5.14	5.19	0.10 ^{ns}	2.47	0.12	1.08
Julio	Muestreo 1	Esférico	6.39	6.46	0.12 ^{ns}	3.03	0.10	1.10
	Muestreo 2	Esférico	17.85	18.35	0.09 ^{ns}	11.05	0.11	1.13
Agosto	Muestreo 1	Esférico	111.23	556.36	0.08 ^{ns}	58.93	0.08	1.08
	Muestreo 2	Gaussiano	82.61	282.81	0.10 ^{ns}	44.01	0.06	1.12
Septiembre	Muestreo 1	Esférico	70.34	259.77	0.07 ^{ns}	38.05	0.09	1.10
	Muestreo 2	Esférico	40.63	99.8	0.14 ^{ns}	23.18	0.12	1.07
Octubre	Muestreo 1	Esférico	59.68	220.7	0.11 ^{ns}	21.08	0.10	1.13
	Muestreo 2	Esférico	44.8	103.34	0.07 ^{ns}	19.34	0.09	1.10
Noviembre	Muestreo 1	Gaussiano	4.08	5.24	0.13 ^{ns}	2.22	0.11	1.11
	Muestreo 2	Gaussiano	2.36	3.31	0.10 ^{ns}	1.67	0.14	1.09
Diciembre	Muestreo 1	Gaussiano	15.24	8.93	0.12 ^{ns}	3.05	0.07	1.12
	Muestreo 2	Gaussiano	11.19	5.24	0.11 ^{ns}	2.76	0.13	1.06
AÑO 2015								
Enero	Muestreo 1	Esférico	32.32	53.1	0.11 ^{ns}	12.61	0.13	1.10
	Muestreo 2	Esférico	131.25	469.82	0.07 ^{ns}	37.99	0.09	1.06
Febrero	Muestreo 1	Esférico	320.68	4005.86	0.14 ^{ns}	68.25	0.12	1.12
	Muestreo 2	Esférico	504.78	24629	0.10 ^{ns}	32.07	0.10	1.08
Marzo	Muestreo 1	Esférico	284.23	3782.44	0.12 ^{ns}	49.30	0.07	1.12
	Muestreo 2	Esférico	121.14	1785.71	0.08 ^{ns}	37.12	0.12	1.09
Abril	Muestreo 1	Esférico	51.02	185.35	0.09 ^{ns}	28.65	0.13	1.12
	Muestreo 2	Esférico	29.6	70.59	0.11 ^{ns}	15.72	0.10	1.07
Mayo	Muestreo 1	Esférico	19.63	65.03	0.07 ^{ns}	13.08	.11	1.13
	Muestreo 2	Esférico	11.47	34.68	0.13 ^{ns}	9.64	0.13	1.10
Junio	Muestreo 1	Esférico	7.3	37.84	0.10 ^{ns}	7.51	0.10	1.09

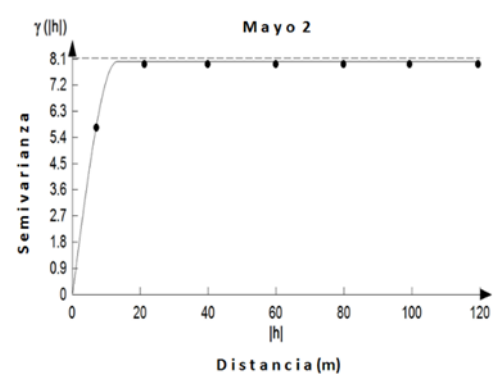
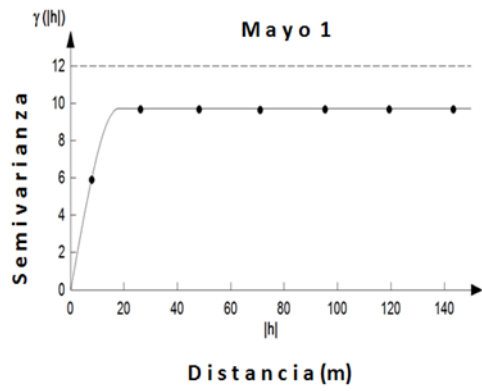
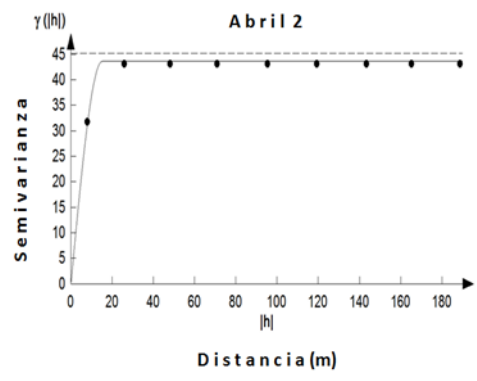
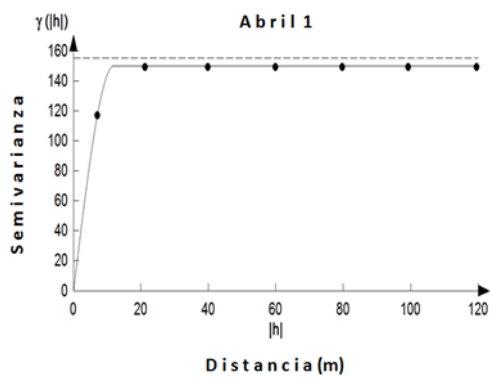
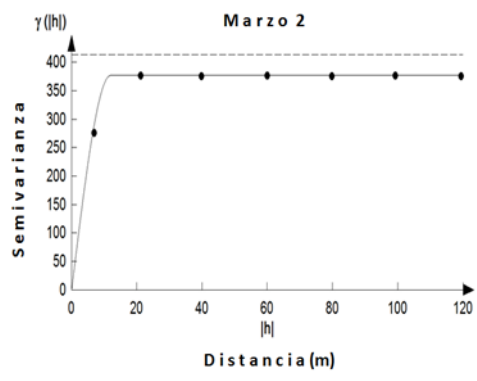
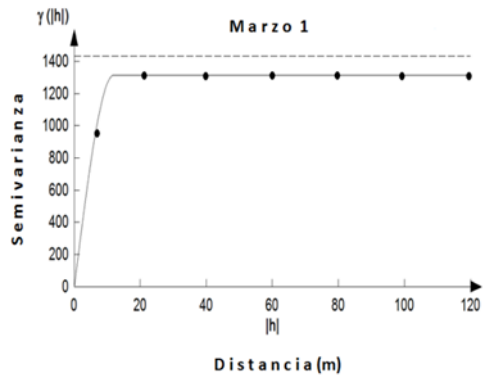
	Muestreo 2	Esférico	6.09	11.12	0.08 ^{ns}	4.02	0.07	1.11
Julio	Muestreo 1	Esférico	6.88	10.16	0.14 ^{ns}	1.37	0.14	1.07
	Muestreo 2	Esférico	14.28	32.4	0.12 ^{ns}	4.69	0.10	1.14
Agosto	Muestreo 1	Esférico	120.39	277.52	0.09 ^{ns}	28.19	0.11	1.08
	Muestreo 2	Esférico	90.68	865.66	0.11 ^{ns}	56.04	0.08	1.13
Septiembre	Muestreo 1	Esférico	46.77	585.48	0.07 ^{ns}	28.14	0.13	1.10
	Muestreo 2	Esférico	89.99	179.68	0.11 ^{ns}	19.05	0.07	1.09
Octubre	Muestreo 1	Esférico	64.8	295.01	0.10 ^{ns}	27.69	0.05	1.11
	Muestreo 2	Esférico	45.57	164.73	0.08 ^{ns}	31.06	0.11	1.12

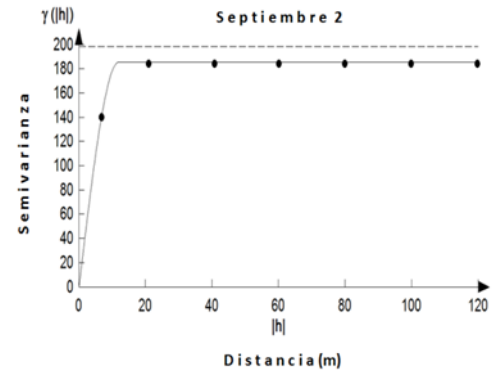
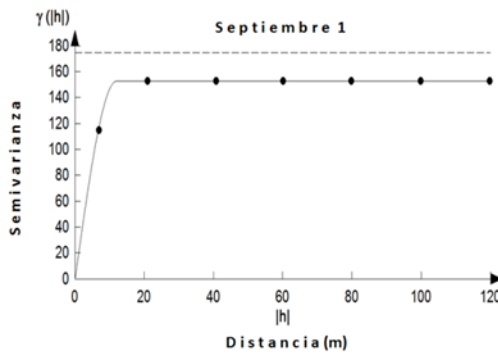
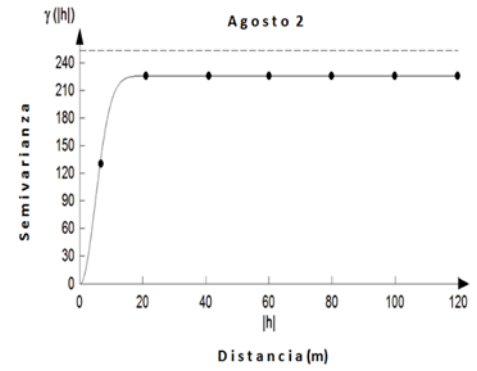
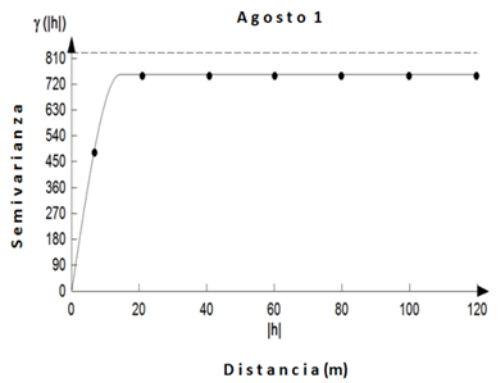
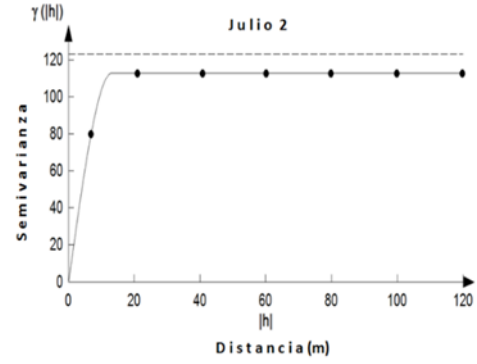
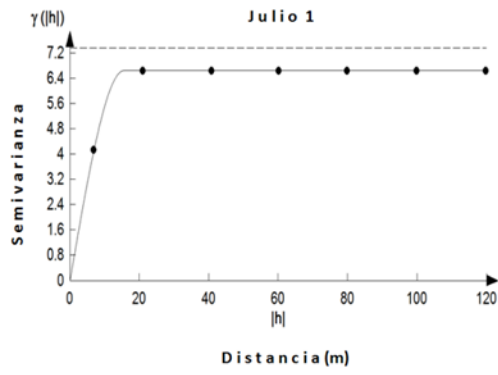
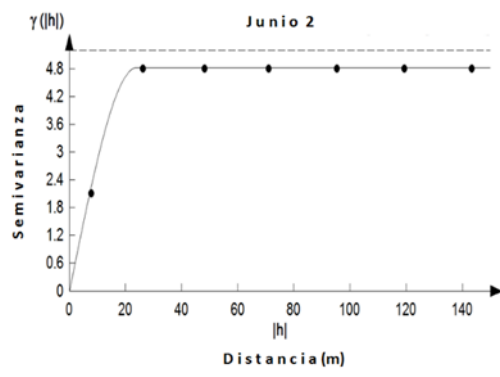
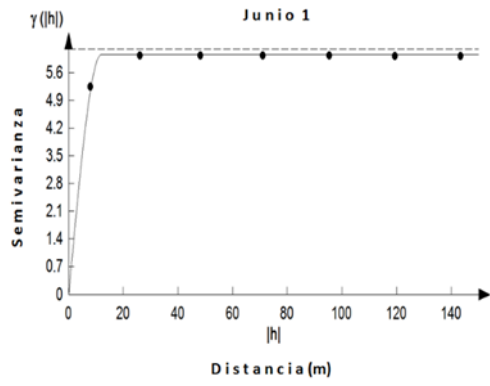
En la Tabla 4 se pueden observar las medias muestrales, las cuales se encontró que en el año 2014 el mes de febrero se obtuvo las más altas con un valor de 473.24 trips en el segundo muestreo y el mes más bajo fue noviembre que registro una media de 2.36 trips en el segundo muestreo, para el año 2015 febrero registro la media más alta con 504.78 trips en el segundo muestreo mientras que junio presento la media más baja con 6.09 trips en el segundo muestreo.

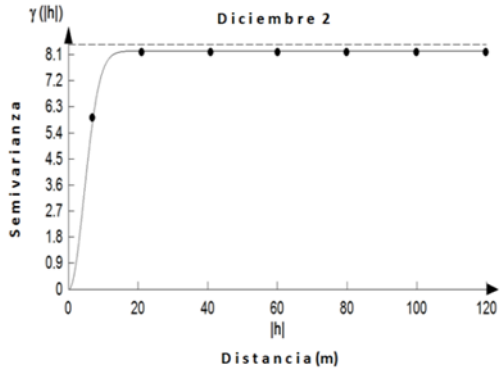
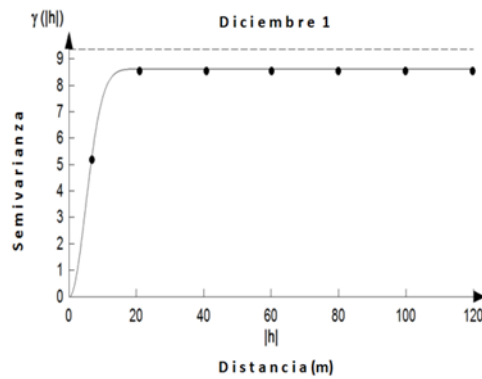
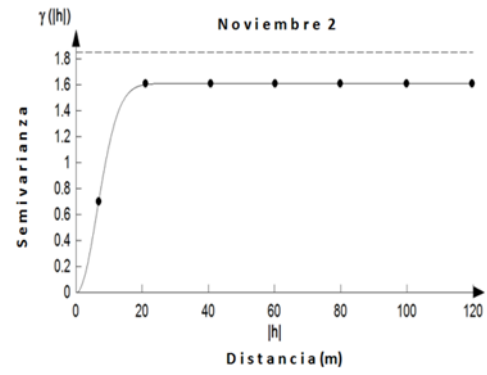
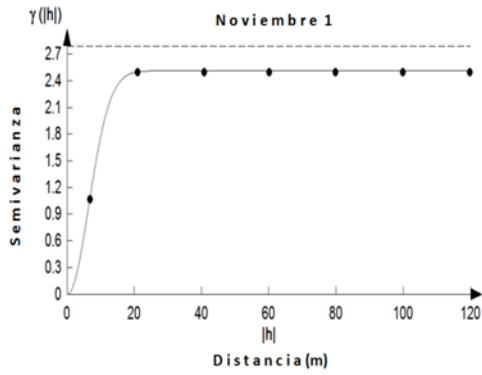
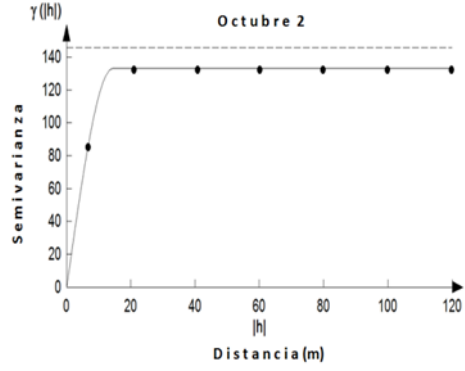
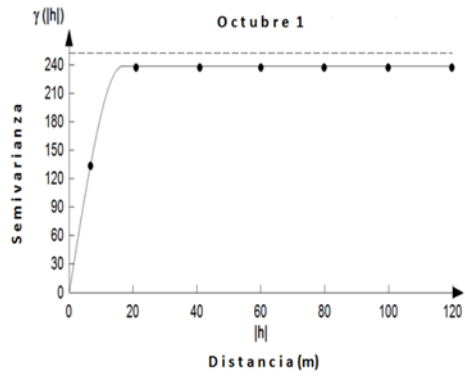
En la siguiente figura se observan los semivariogramas correspondientes (modelos ajustados), elaborados para los muestreos de trips en la parcela 2.

Figura 11. Semivariogramas correspondientes a la parcela 2 para los muestreos del año 2014 y 2015.

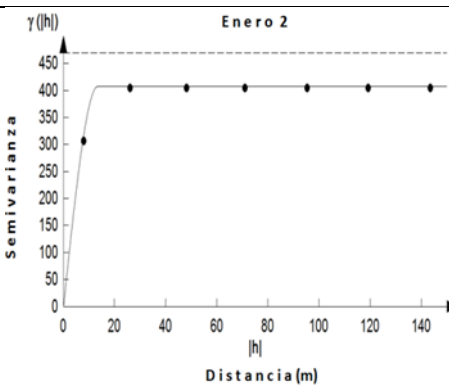
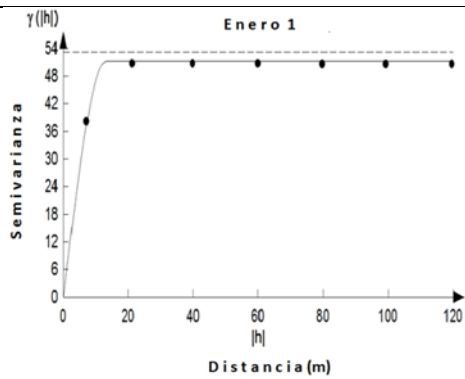


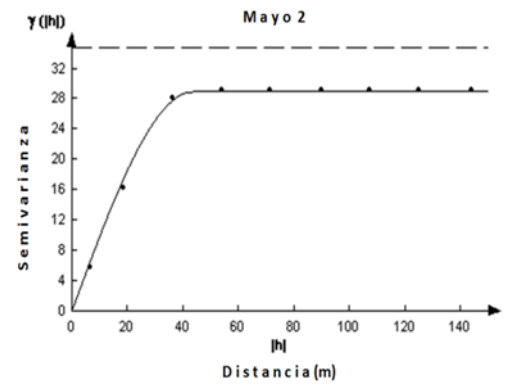
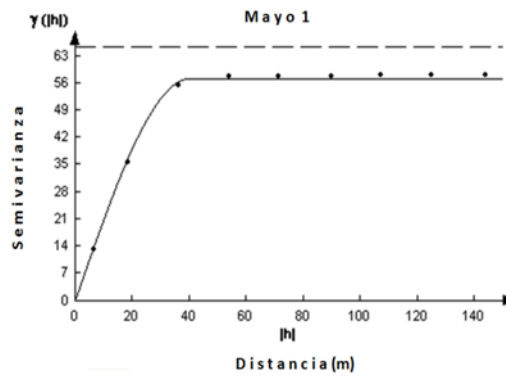
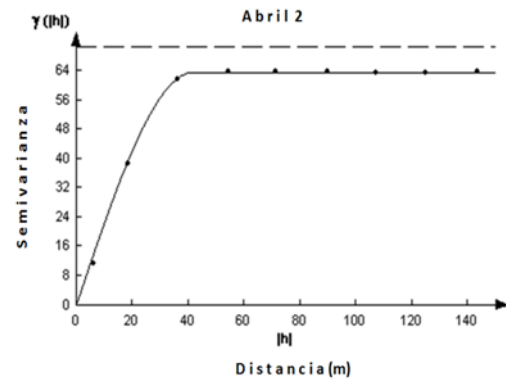
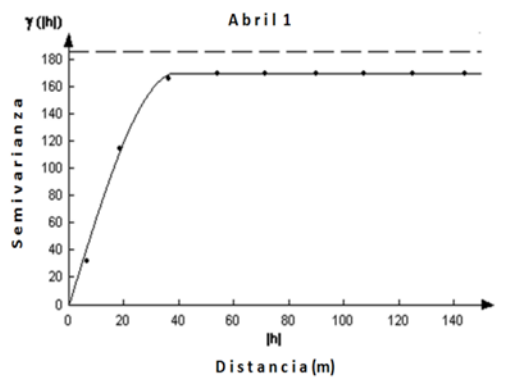
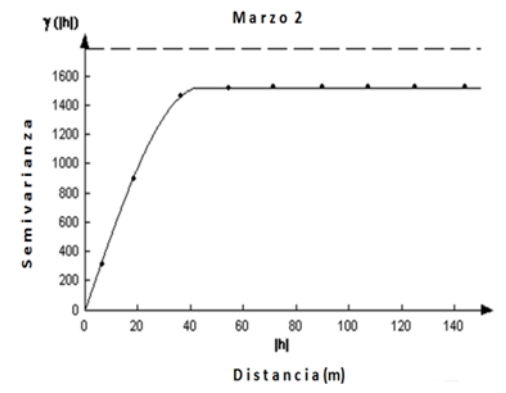
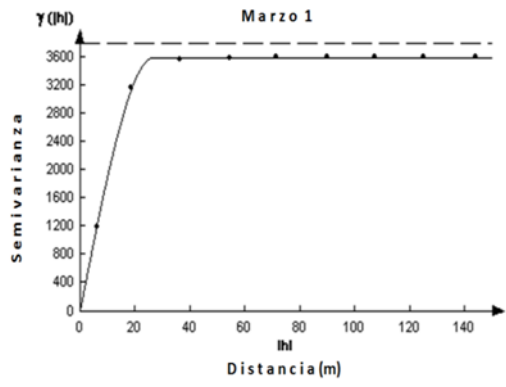
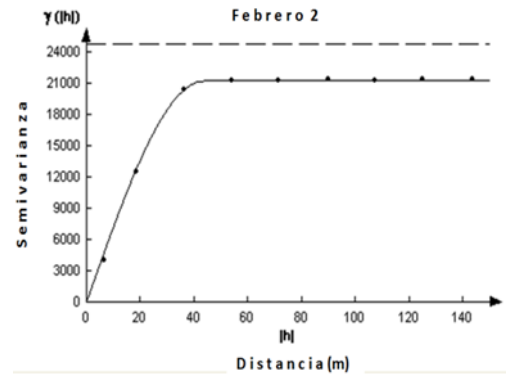
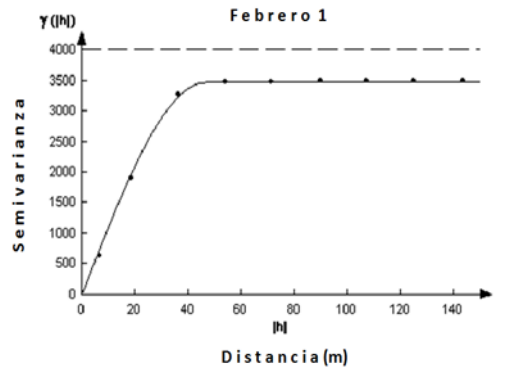


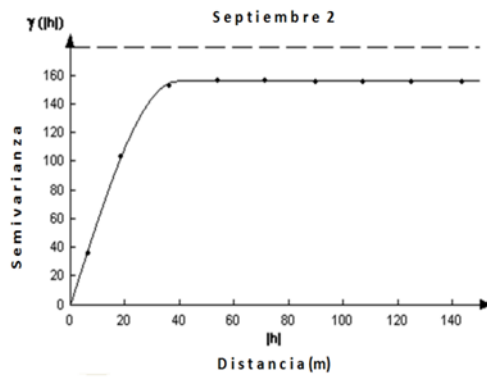
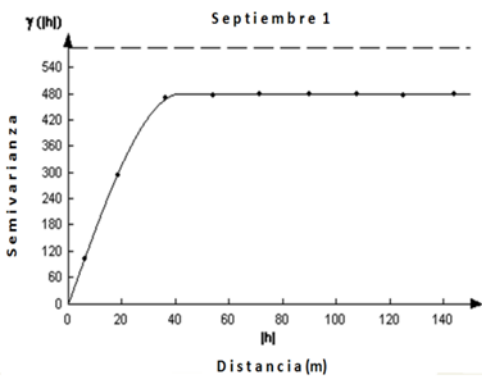
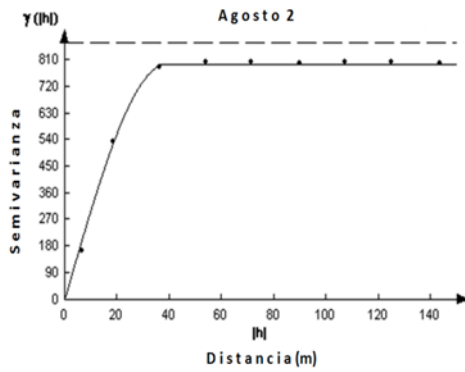
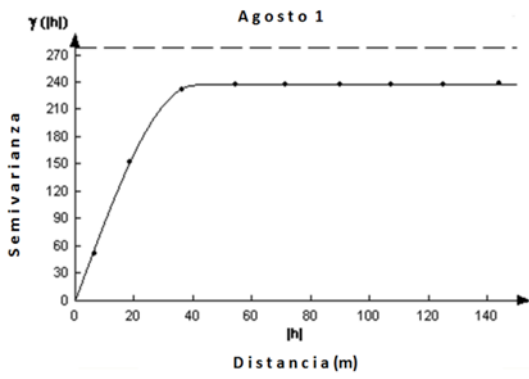
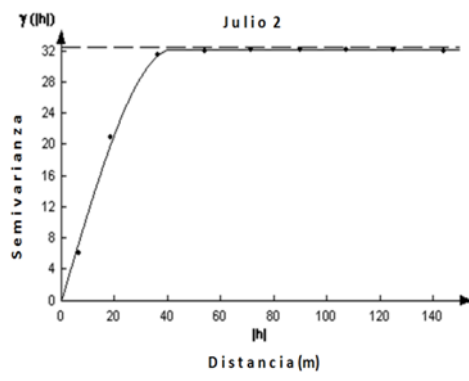
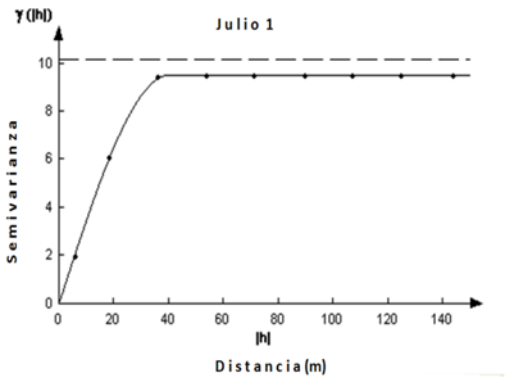
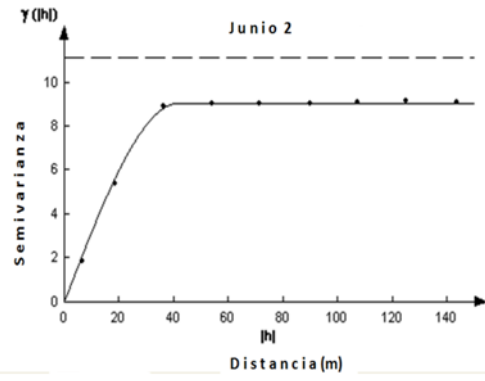
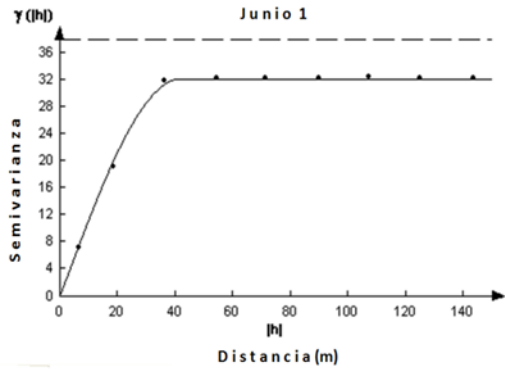


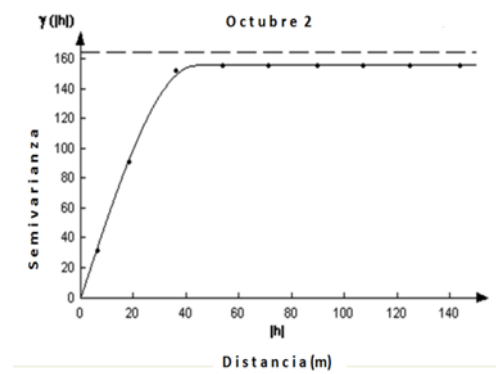
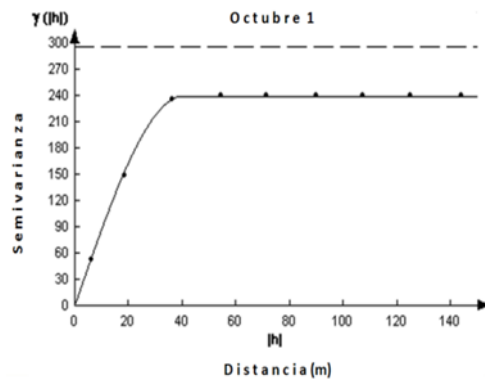


AÑO 2015









Parcela 3 (liberacion del depredador)

Antes de proceder al análisis geoestadístico se realizó una prueba de curtosis, la cual permitió determinar que existía normalidad en los datos recabados, por lo cual no fue necesario realizar la transformación de los mismos. El coeficiente de curtosis indica normalidad ya que sus valores están comprendidos en el rango de -3 a 3, (tabla 5).

Los modelos y los parámetros de los semivariogramas ajustados para cada uno de los muestreos de trips realizados en la parcela 3 se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 5. Parámetros (Efecto Pepita, Meseta y Rango) de los modelos ajustados a los semivariogramas de las poblaciones de trips en el cultivo de aguacate, correspondientes a la parcela 3 para el año 2014 y 2015.

Mes	Muestreos	Modelo	Pepita	Meseta	Rango	Pepita/ Meseta	Nivel de dependencia espacial	Coefficiente de Curtosis
AÑO 2014								
Febrero	Muestreo 1	Esférico	0	13350	38.4	0	Alta	1.26
	Muestreo 2	Esférico	0	18920	43.2	0	Alta	0.88
Marzo	Muestreo 1	Esférico	0	4779	43.2	0	Alta	-0.37
	Muestreo 2	Esférico	0	840	41.6	0	Alta	-1.59
Abril	Muestreo 1	Esférico	0	280.787	36.794	0	Alta	0.44
	Muestreo 2	Esférico	0	70.2	43.2	0	Alta	0.90
Mayo	Muestreo 1	Esférico	0	38.7	38.4	0	Alta	-0.96
	Muestreo 2	Esférico	0	26.24	44.8	0	Alta	2.13
Junio	Muestreo 1	Esférico	0	44.8478	25.594	0	Alta	-1.51
	Muestreo 2	Esférico	0	58.24	41.6	0	Alta	2.06
Julio	Muestreo 1	Esférico	0	107.9	44.8	0	Alta	1.32

	Muestreo 2	Esférico	0	395.6	41.6	0	Alta	-1.28
Agosto	Muestreo 1	Esférico	0	1406	40	0	Alta	-0.75
	Muestreo 2	Esférico	0	819	43.2	0	Alta	2.26
Septiembre	Muestreo 1	Esférico	0	78.96	41.6	0	Alta	0.78
	Muestreo 2	Esférico	0	33.81	36.8	0	Alta	-0.35
Octubre	Muestreo 1	Esférico	0	20.88	43.2	0	Alta	0.28
	Muestreo 2	Esférico	0	9.3	35.2	0	Alta	-0.16
Noviembre	Muestreo 1	Esférico	0	7.482	35.2	0	Alta	0.27
	Muestreo 2	Esférico	0	10.12	38.4	0	Alta	0.86
Diciembre	Muestreo 1	Esférico	0	9.215	36.8	0	Alta	0.94
	Muestreo 2	Esférico	0	11.16	38.4	0	Alta	1.29
AÑO 2015								
Enero	Muestreo 1	Esférico	0	96.03	46.4	0	Alta	1.26
	Muestreo 2	Esférico	0	713.4	44.8	0	Alta	-1.07
Febrero	Muestreo 1	Esférico	0	924	40	0	Alta	2.54
	Muestreo 2	Esférico	0	1825	36.8	0	Alta	1.42
Marzo	Muestreo 1	Esférico	0	975	38.4	0	Alta	0.58
	Muestreo 2	Esférico	0	275.4	40	0	Alta	-0.36
Abril	Muestreo 1	Esférico	0	68.85	40	0	Alta	-2.07
	Muestreo 2	Esférico	0	21.75	38.4	0	Alta	1.80
Mayo	Muestreo 1	Esférico	0	83.6	40	0	Alta	1.29
	Muestreo 2	Esférico	0	29.52	41.6	0	Alta	0.38
Junio	Muestreo 1	Esférico	0	32.19	40	0	Alta	-1.41
	Muestreo 2	Esférico	0	67.45	41.6	0	Alta	-0.10
Julio	Muestreo 1	Esférico	0	85.8	43.2	0	Alta	0.46
	Muestreo 2	Esférico	0	96	44.8	0	Alta	1.27
Agosto	Muestreo 1	Esférico	0	408.9	48	0	Alta	-1.95
	Muestreo 2	Esférico	0	208.8	32	0	Alta	0.31
Septiembre	Muestreo 1	Esférico	0	27.26	33.6	0	Alta	2.18
	Muestreo 2	Esférico	0	138.6	40	0	Alta	-2.09
Octubre	Muestreo 1	Esférico	0	39.6	41.6	0	Alta	1.63
	Muestreo 2	Esférico	0	29.5957	36.8	0	Alta	0.35

Para esta parcela todos los muestreos realizados se ajustaron al modelo esférico teniendo un efecto pepita igual a cero lo que indica que la escala de muestreo utilizada fue la correcta y el error de muestreo fue mínimo. La distribución espacial ajustada al modelo esférico nos indica que dentro de la parcela hay zonas en la que se manifiesta más la plaga, es decir existen focos de infestación que avanzan desde una fuente puntual. También se expone el nivel de dependencia espacial la cual fue alta para todas las fechas de muestreo.

Los valores del rango estuvieron situados entre 44.8m para el segundo muestreo del mes de mayo y 25.5m para el primer muestreo de julio esto en el año 2014, para el año 2015 los valores fueron de 48m en el primer muestreo de agosto a 32 m en el segundo muestreo del mismo mes, lo que nos indica el rango, es la distancia dentro de la cual vamos a encontrar dependencia espacial de los datos muestreados, mas alla del valor de la distancia, la dependencia espacial es nula.

Tabla 6. Valores de los estadísticos de la validación cruzada de los semivariogramas obtenidos en los muestreos en la parcela 3 en el año 2014 y 2015: media de los errores de estimación (MEE), error cuadrático medio (ECM) y error cuadrático medio adimensional (ECMA)

Mes	Muestreos	Modelo	Media Muestral	Varianza Muestral	MEE*	Varianza de los errores	ECM	ECMA
AÑO 2014								
Febrero	Muestreo 1	Esférico	221.18	14981.83	0.06ns	906.23	0.06	1.11
	Muestreo 2	Esférico	322.94	21220.18	0.11ns	1023.02	0.11	1.07
Marzo	Muestreo 1	Esférico	185.59	5912.54	0.10ns	2785.33	0.07	1.13
	Muestreo 2	Esférico	111.72	1196.66	0.09ns	868.20	0.10	1.08
Abril	Muestreo 1	Esférico	50.45	384.02	0.07ns	119.45	0.11	1.10
	Muestreo 2	Esférico	22.56	78.08	0.05ns	45.08	0.05	1.13
Mayo	Muestreo 1	Esférico	13.90	44.82	0.13ns	23.92	0.12	1.08
	Muestreo 2	Esférico	8.54	40.68	0.10ns	19.83	0.08	1.10
Junio	Muestreo 1	Esférico	6.62	65.36	0.12ns	21.99	0.10	1.08
	Muestreo 2	Esférico	17.30	64.32	0.09ns	37.86	0.13	1.11
Julio	Muestreo 1	Esférico	36.26	123.93	0.07ns	7.61	0.09	1.07
	Muestreo 2	Esférico	56.49	450.93	0.10ns	127.75	0.07	1.09
Agosto	Muestreo 1	Esférico	127.76	1835.17	0.14ns	70834	0.11	1.12
	Muestreo 2	Esférico	81.34	900.68	0.11ns	585.34	0.13	1.10
Septiembre	Muestreo 1	Esférico	13.35	83.04	0.10ns	54.61	0.10	1.13
	Muestreo 2	Esférico	9.63	48.71	0.08ns	29.77	0.08	1.09
Octubre	Muestreo 1	Esférico	9.23	23.20	0.07ns	18.11	0.06	1.07
	Muestreo 2	Esférico	6.32	9.97	0.10ns	4.25	0.10	1.05
Noviembre	Muestreo 1	Esférico	5.17	8.67	0.12ns	4.05	0.12	1.10
	Muestreo 2	Esférico	3.74	10.71	0.09ns	7.19	0.09	1.12
Diciembre	Muestreo 1	Esférico	4.97	9.60	0.11ns	6.24	0.11	1.14
	Muestreo 2	Esférico	6.008	11.65	0.13ns	5.44	0.13	1.09
AÑO 2015								
Enero	Muestreo 1	Esférico	19.03	98.70	0.07ns	11.65	0.14	1.10
	Muestreo 2	Esférico	89.59	860.84	0.10ns	483.28	0.09	1.06
Febrero	Muestreo 1	Esférico	294.49	1206.15	0.12ns	914.88	0.07	1.13
	Muestreo 2	Esférico	239.46	2420.74	0.11ns	1125.06	0.10	1.10
Marzo	Muestreo 1	Esférico	211.37	1185.29	0.08ns	99.52	0.06	1.12
	Muestreo 2	Esférico	115.35	331.17	0.10ns	198.35	0.11	1.09

Abril	Muestreo 1	Esférico	33.28	85.04	0.11ns	44.99	0.13	1.13
	Muestreo 2	Esférico	20.74	24.39	0.07ns	18.05	0.08	1.11
Mayo	Muestreo 1	Esférico	12.34	100.40	0.09ns	3.28	0.06	1.07
	Muestreo 2	Esférico	9.68	36.13	0.12ns	19.77	0.12	1.12
Junio	Muestreo 1	Esférico	7.91	36.03	0.10ns	29.16	0.05	1.10
	Muestreo 2	Esférico	10.09	93.06	0.08ns	75.01	0.11	1.08
Julio	Muestreo 1	Esférico	18.08	99.68	0.06ns	67.64	0.11	1.06
	Muestreo 2	Esférico	22.76	109.33	0.13ns	82.07	0.09	1.13
Agosto	Muestreo 1	Esférico	112.22	481.02	0.10ns	207.56	0.10	1.09
	Muestreo 2	Esférico	71.12	249.05	0.09ns	161.12	0.07	1.14
Septiembre	Muestreo 1	Esférico	35.51	28.61	0.12ns	14.21	0.12	1.08
	Muestreo 2	Esférico	37.93	171.65	0.11ns	116.47	0.06	1.07
Octubre	Muestreo 1	Esférico	19.69	44.09	0.10ns	29.31	0.12	1.09
	Muestreo 2	Esférico	20.67	30.57	0.08ns	19.07	0.10	1.10

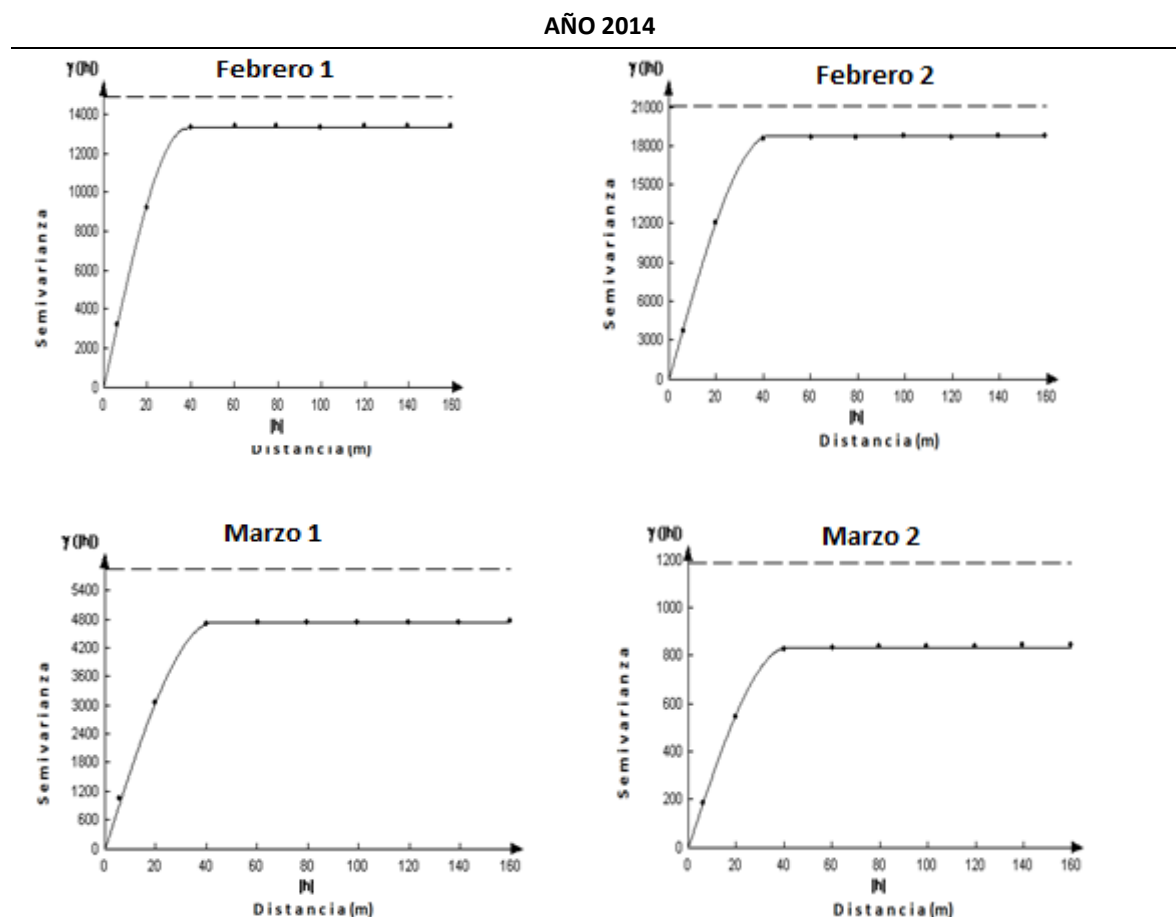
Con respecto a la parcela 3 que fue en la que se liberó el depredador *Orius insidiosus*, podemos observar que antes de la liberación que corresponden a los meses de febrero hasta agosto las medias de población se comportan de forma muy similar a las parcelas testigo, siendo febrero el mes que obtuvo la media de población más alta con un total de 322.94 trips, siguiéndole marzo en su primer muestreo obteniendo 185.59 trips. Posterior a la liberación que se realizó en el mes de septiembre de 2014 las densidades de las poblaciones de trips bajan en comparación con las parcelas testigo, teniendo densidades las más altas de 13.35 trips por árbol en el mes de septiembre y de 9.23 trips la más alta en el mes de octubre, esto en el 2014, para el año 2015 se observa que la media muestral no sobrepasa los 294.49 trips por árbol si comparamos esto con la parcela 1 en el año 2015 vemos que su media era 476.99, por lo tanto vemos que en la parcela donde se liberó el depredador se tiene una disminución notable respecto a la parcela 1 y en la parcela 2 la media más alta fue de 504.78 trips por árbol, por lo tanto también se tiene una reducción en las poblaciones de trips.

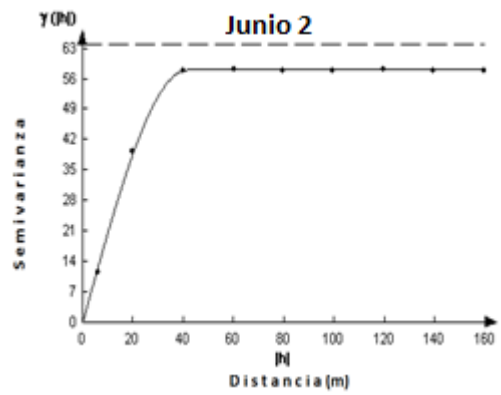
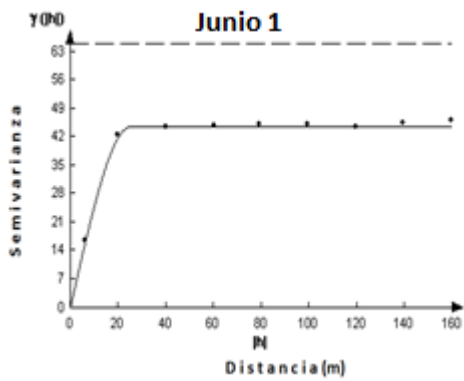
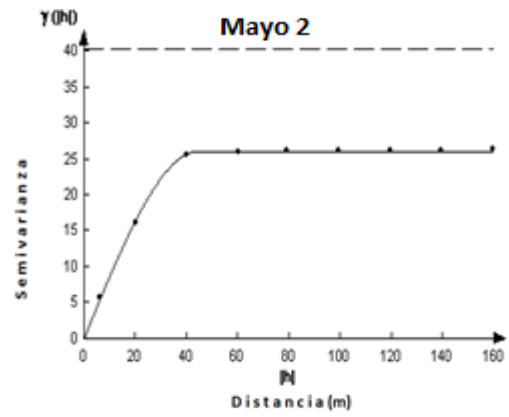
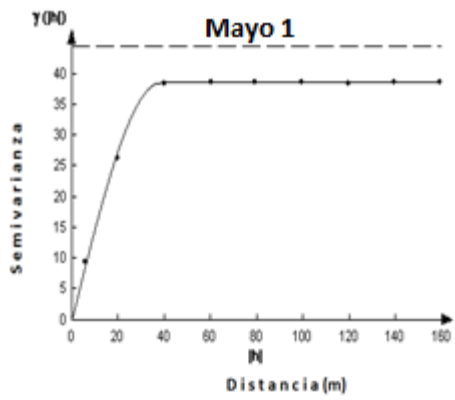
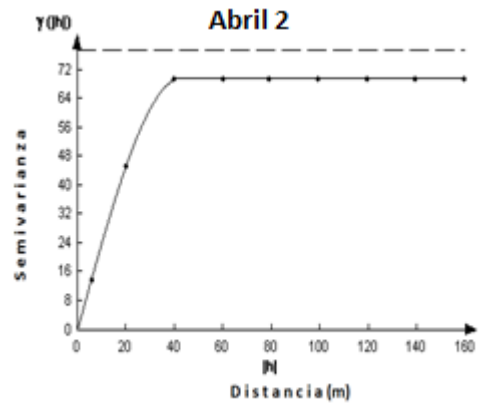
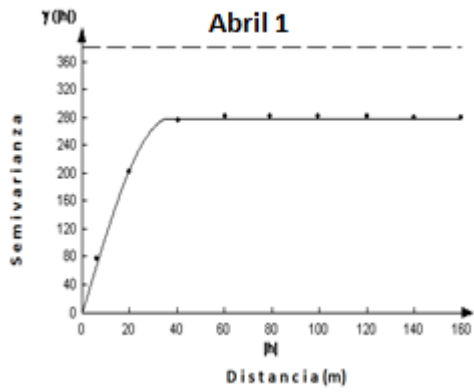
Este efecto en la disminución de las poblaciones de trips en la parcela donde se hizo la liberación se le atribuye directamente al depredador, ya que como se menciona en la metodología se hacían muestreos para corroborar que el depredador estuviera presente en la parcela y no había factores externos que pudieran sesgar la información ya que las tres parcelas fueron manejadas de forma similar y se

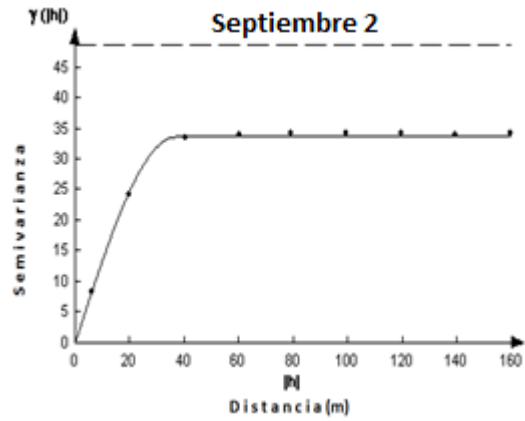
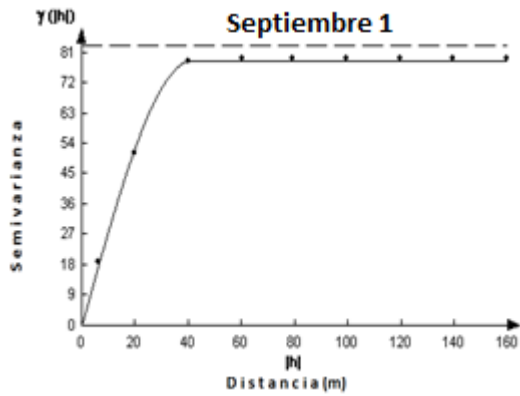
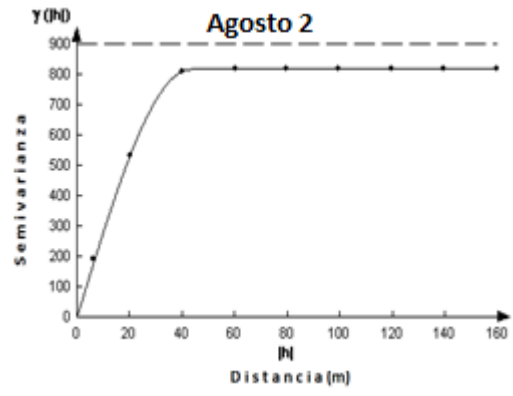
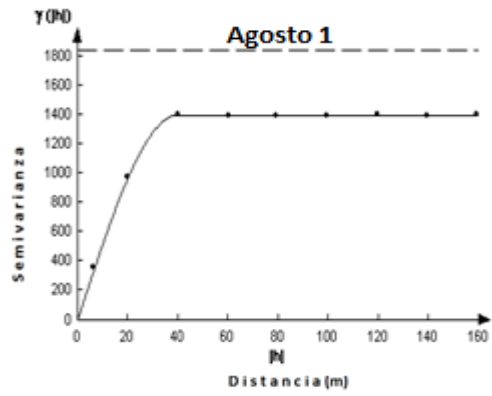
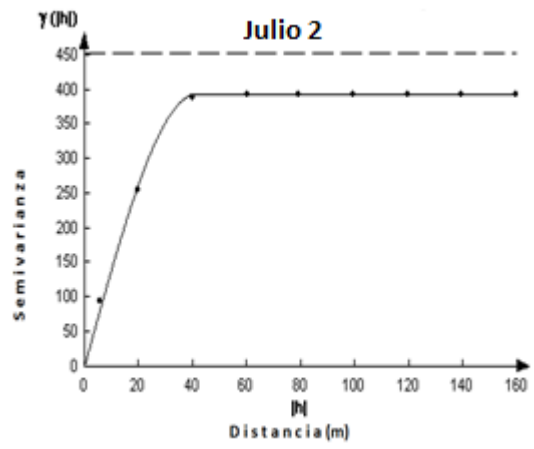
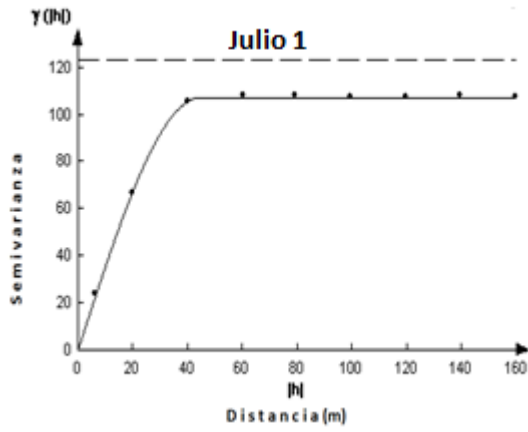
encontraban en las mismas condiciones climaticas y la disminucion de las poblaciones de trips solo se presento en la parcela donde se liberó el depredador *Orius insidiosus*.

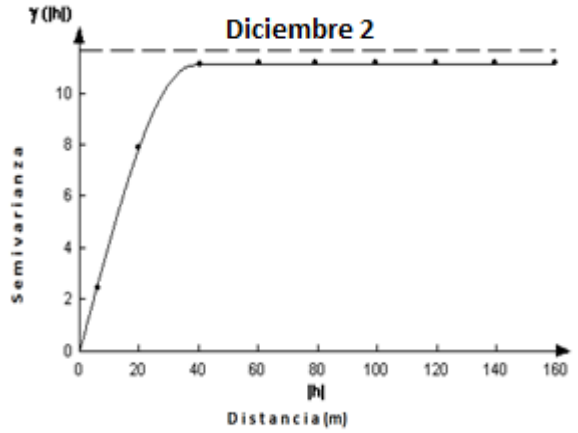
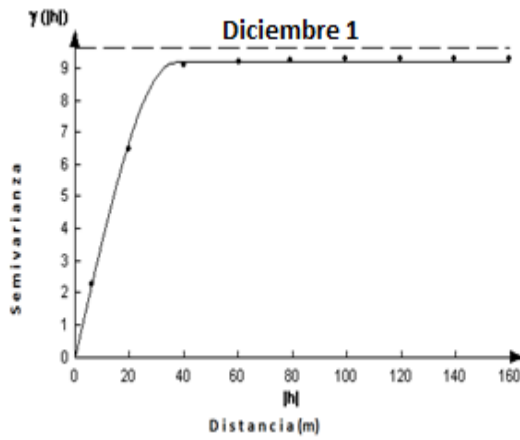
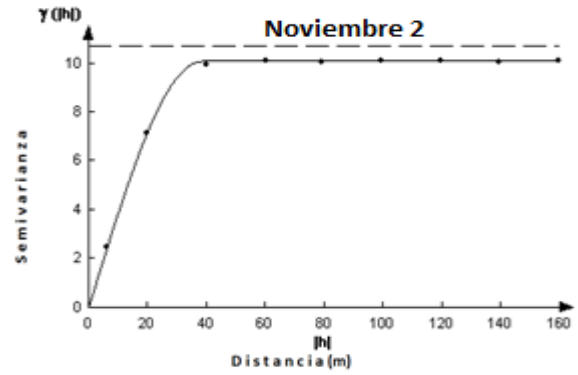
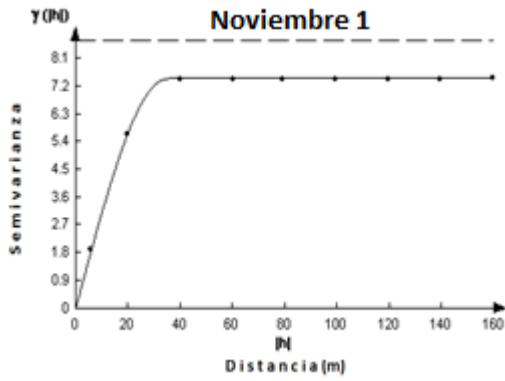
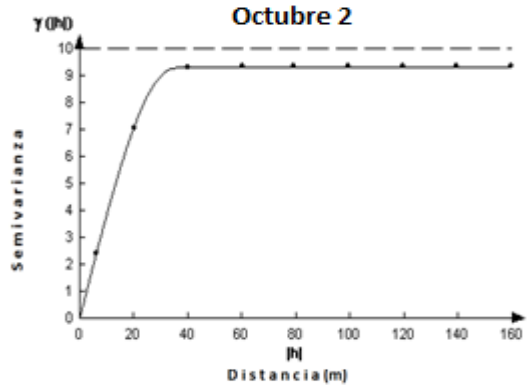
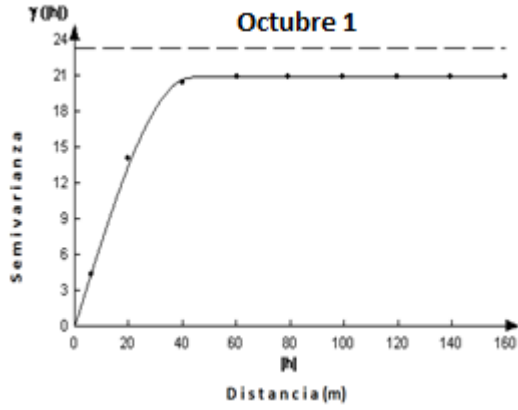
En la siguiente figura se observan los semivariogramas correspondientes (modelos ajustados), elaborados para los muestreos de trips en la parcela 3.

Figura 12. Semivariogramas correspondientes a la parcela 3 (liberación del depredador) para los muestreos del año 2014 y 2015.

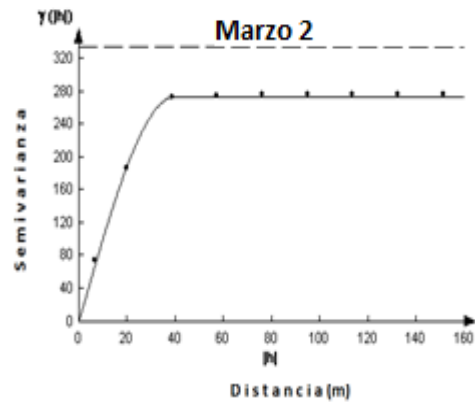
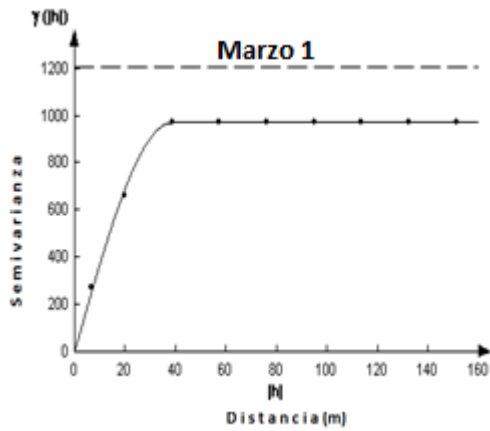
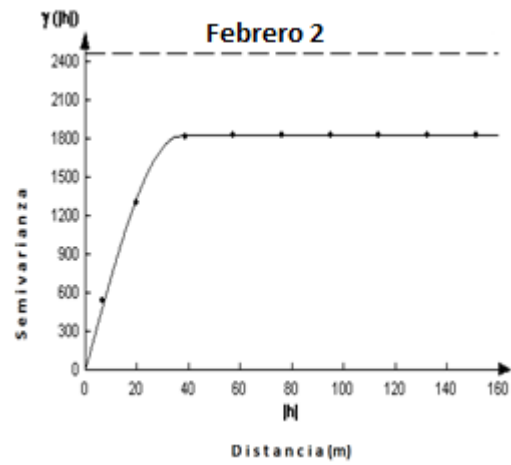
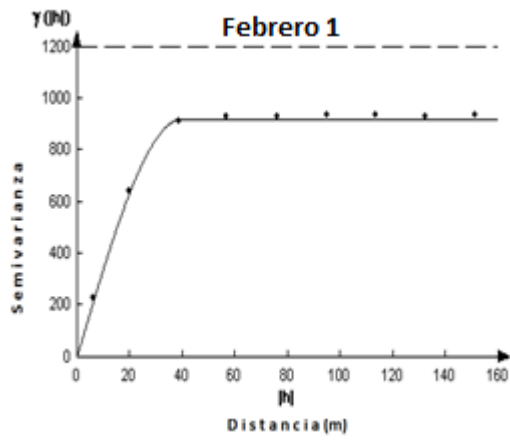
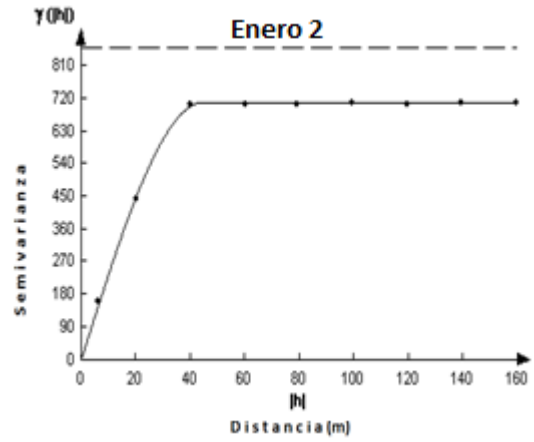
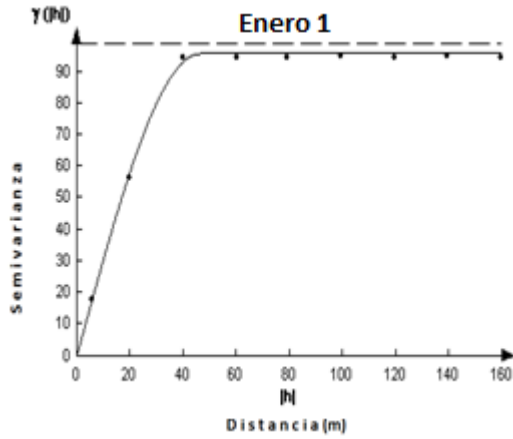


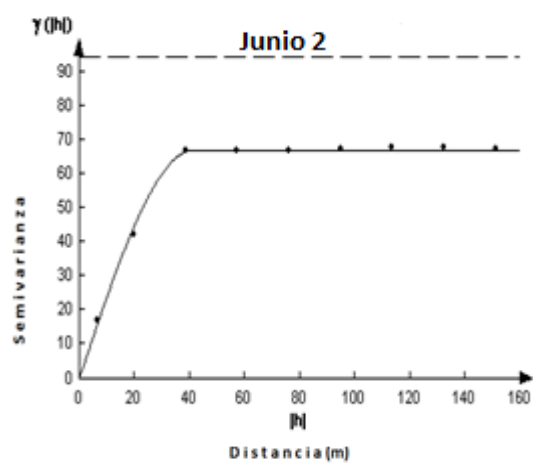
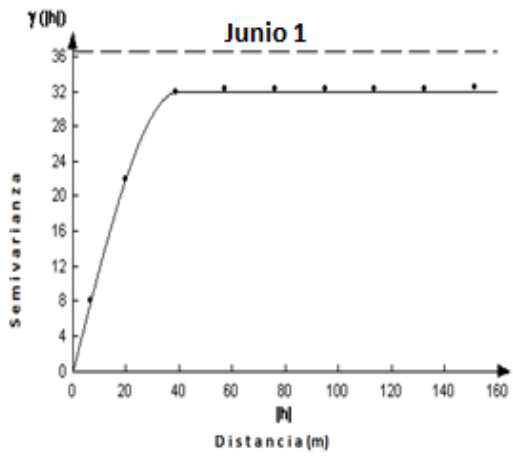
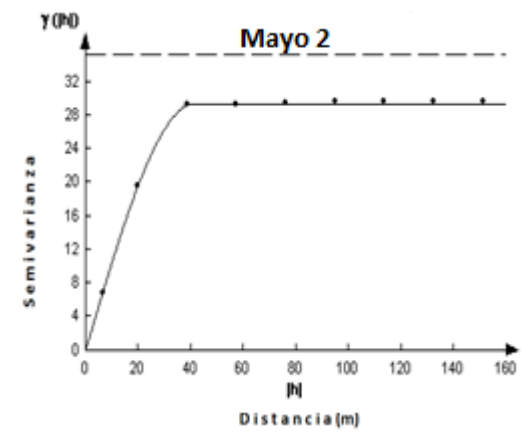
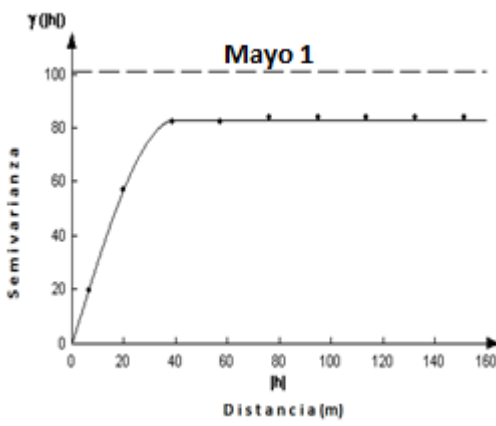
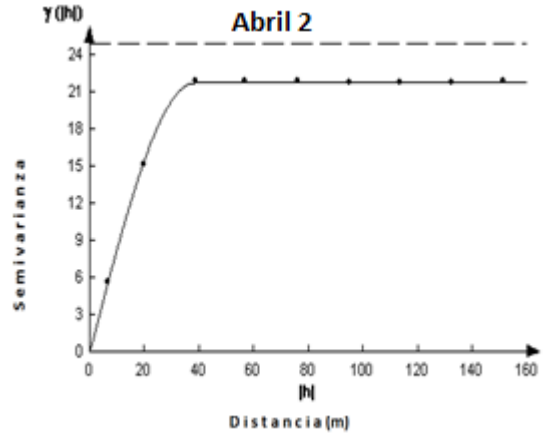
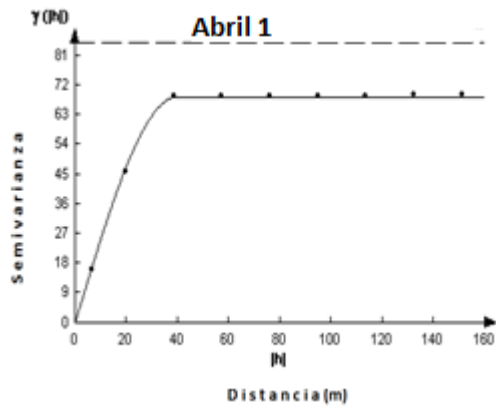


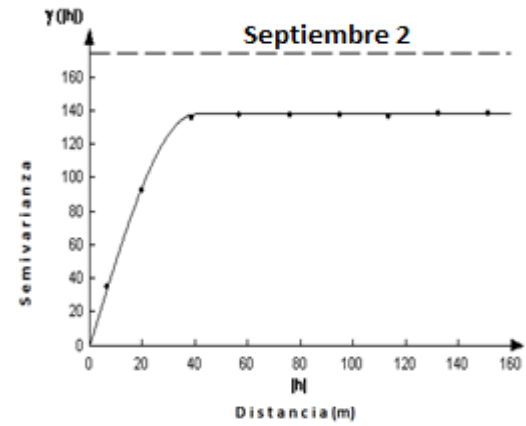
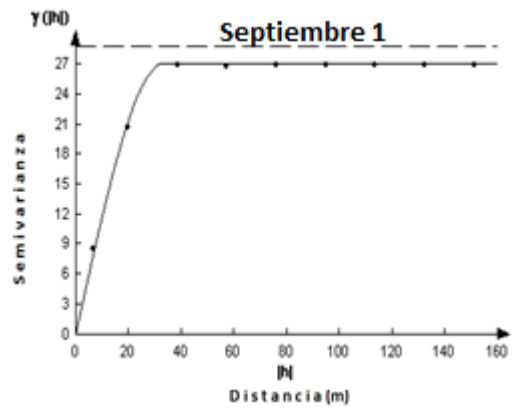
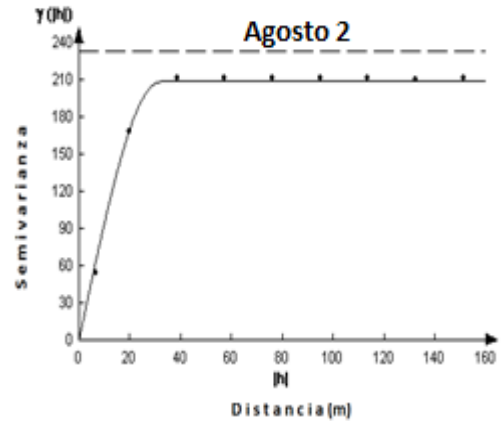
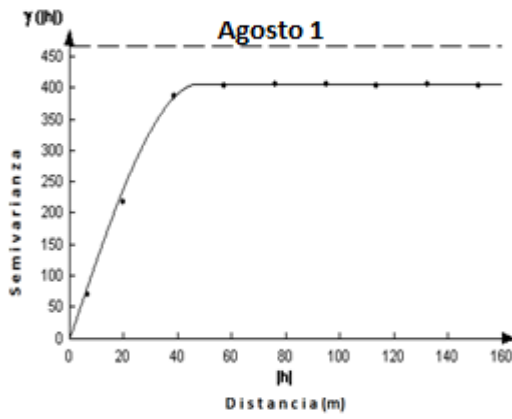
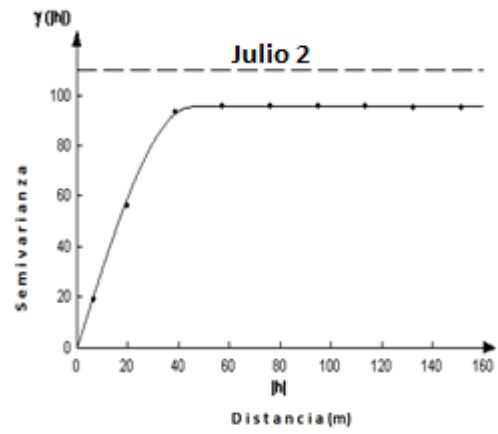
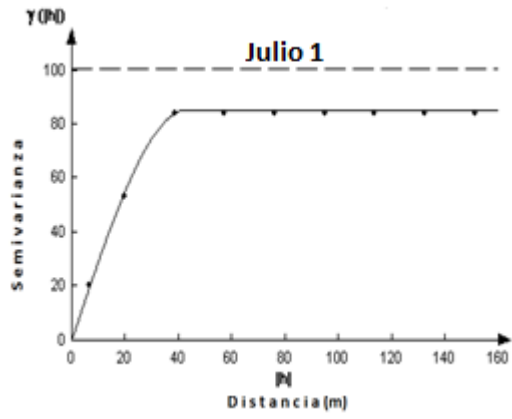


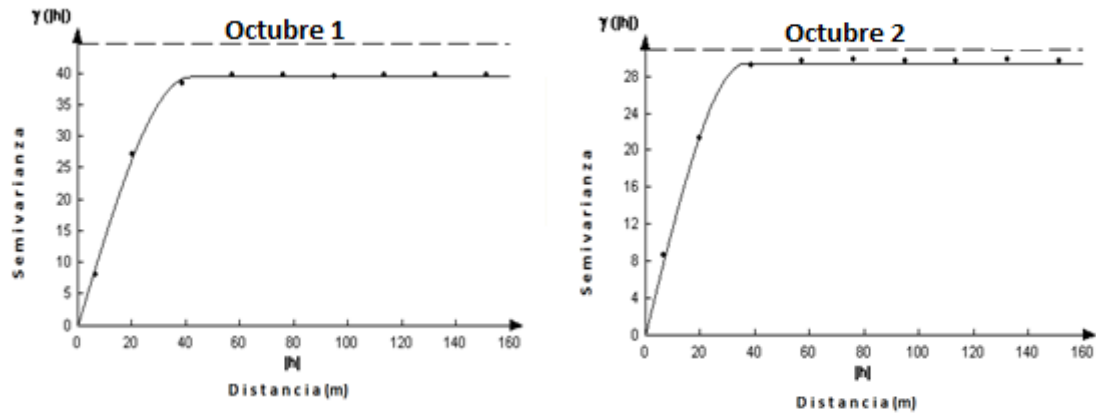


AÑO 2015









Se registraron trips en todas las parcelas de aguacate, sin embargo, la mayor densidad de poblaciones de trips se presentó en los meses de febrero, marzo y agosto; esto debido a que los árboles se encuentran en etapa de floración. González *et al.*, (2000) encontraron que, en Michoacán, las poblaciones de trips presentaron picos entre marzo y mayo, mientras que durante el periodo de lluvias (junio-septiembre) la población bajo notablemente, para posteriormente tener un nuevo aumento a partir de octubre. Solares *et al.*, (2013) realizaron un estudio de distribución espacial de trips en aguacate en Zitácuaro Michoacán y encontró que la mayor densidad de trips se presentó en los meses de julio a septiembre. Las poblaciones de trips bajan durante el periodo de lluvias, para el mes de agosto empiezan a aumentar sus poblaciones.

La aplicación de la geoestadística a nuestros datos nos permitió modelizar la estructura espacial de las poblaciones de trips, los cuales se ajustaron a los modelos esféricos en su mayoría y al modelo gaussiano, con efecto pepita igual a cero en todos los casos. El ajuste al modelo esférico es indicativo que dentro de todas las parcelas analizadas existen zonas en que se manifiesta más el trips respecto al resto de puntos muestreados, es decir, existen focos de agregación de la plaga que avanzan desde una fuente puntual. El ajuste al modelo gaussiano indica que en todas las fechas de muestreo el comportamiento de la agregación se expresa en forma continua dentro de la plantación de aguacate. Moral (2004) realizó la

distribución espacial del insecto *Helicoverpa armigera* Hb. y sus variogramas teóricos se ajustaron a modelos esféricos o exponenciales, con un efecto pepita. Contreras *et al.*, (2016) encontraron que los semivariogramas para huevos y ninfas de *B. cockerelli* se ajustaron al modelo esférico lo que indico la agregación de la plaga en ciertas zonas de la parcela.

Los resultados obtenidos mostraron la existencia de una estructura espacial agregada obteniendo un nivel de dependencia espacial alta. El alto nivel de dependencia espacial resulto de dividir el efecto pepita entre la meseta que fue menor a 25% para todos los semivariogramas. Esquivel y Jasso (2014) realizaron un estudio de la distribución espacial de gusano soldado en seis localidades del Estado de México utilizando las técnicas de la geoestadística, las cuales mostraron la existencia de una estructura espacial agregada, encontrando un nivel de dependencia espacial alta para las seis localidades en estudio para el año 2011.

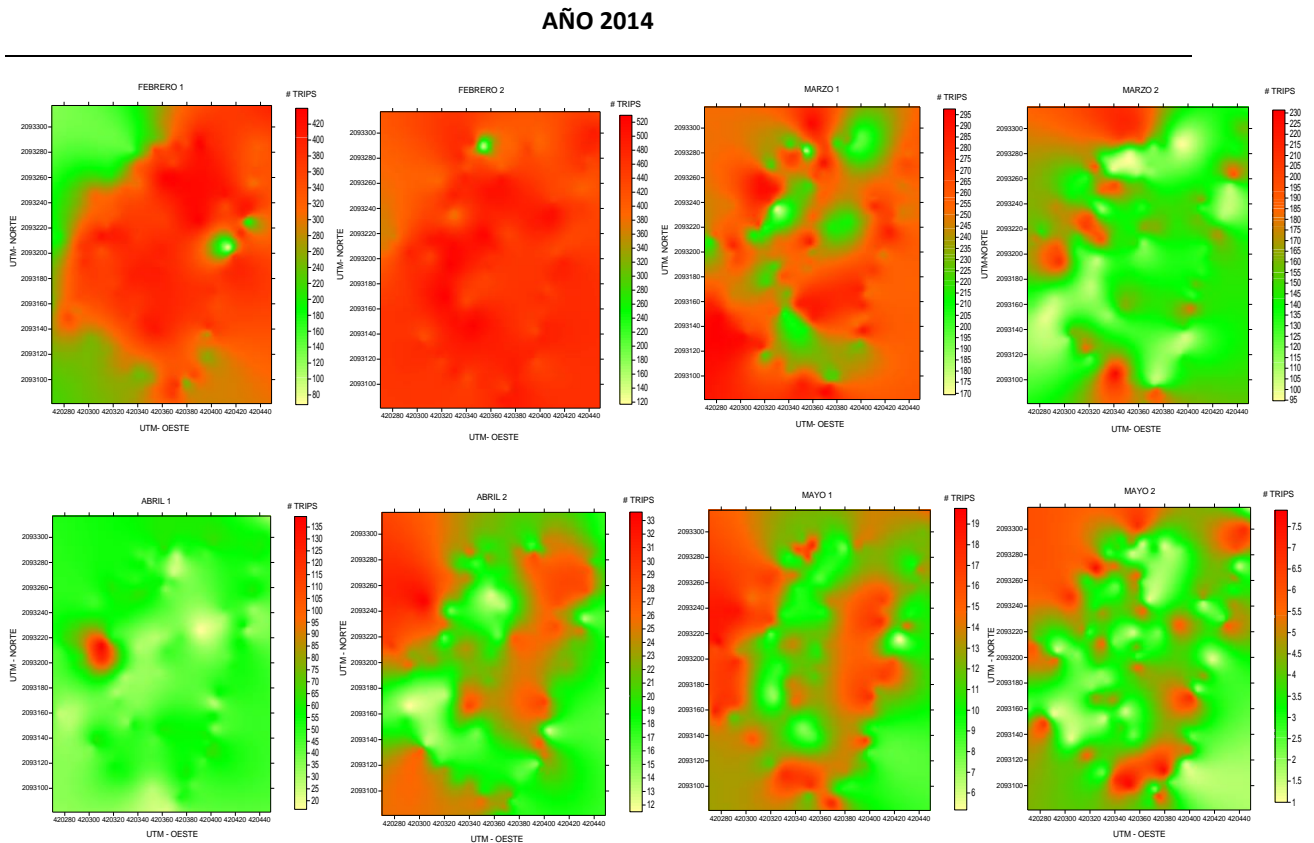
Se obtuvo un efecto pepita igual a cero lo que indica que éste no fue demasiado acusado, por lo que la escala de estudio fue la adecuada y el error de muestreo no fue demasiado importante. En cuanto a los valores encontrados en el efecto pepita los cuales fueron de cero en todos los modelos ajustados, permite afirmar que la escala de muestreo utilizada fue la adecuada y el error de muestreo fue mínimo Oliver y Webster (1998), esto nos da pie a afirmar que los modelos ajustados tienen un 98% de fiabilidad, lo anterior nos permite deducir que más del 90% de la variación total era debido a la dependencia espacial encontrada en la escala de muestreo utilizada, dicho de otra manera, más del 90% de la variación de la distribución de las poblaciones del ácaro se logró explicar por la estructura espacial establecida con los semivariogramas (Liebhold y Sharov 1998). Ramírez *et al.*, (2011) encontraron valores de pepita igual a cero en un estudio de la distribución espacial de *Bactericera cockerelli* en papa y Solares *et al.*, (2013) también encontraron valores de pepita igual a cero en un estudio de la distribución espacial de trips en plantaciones comerciales de aguacate.

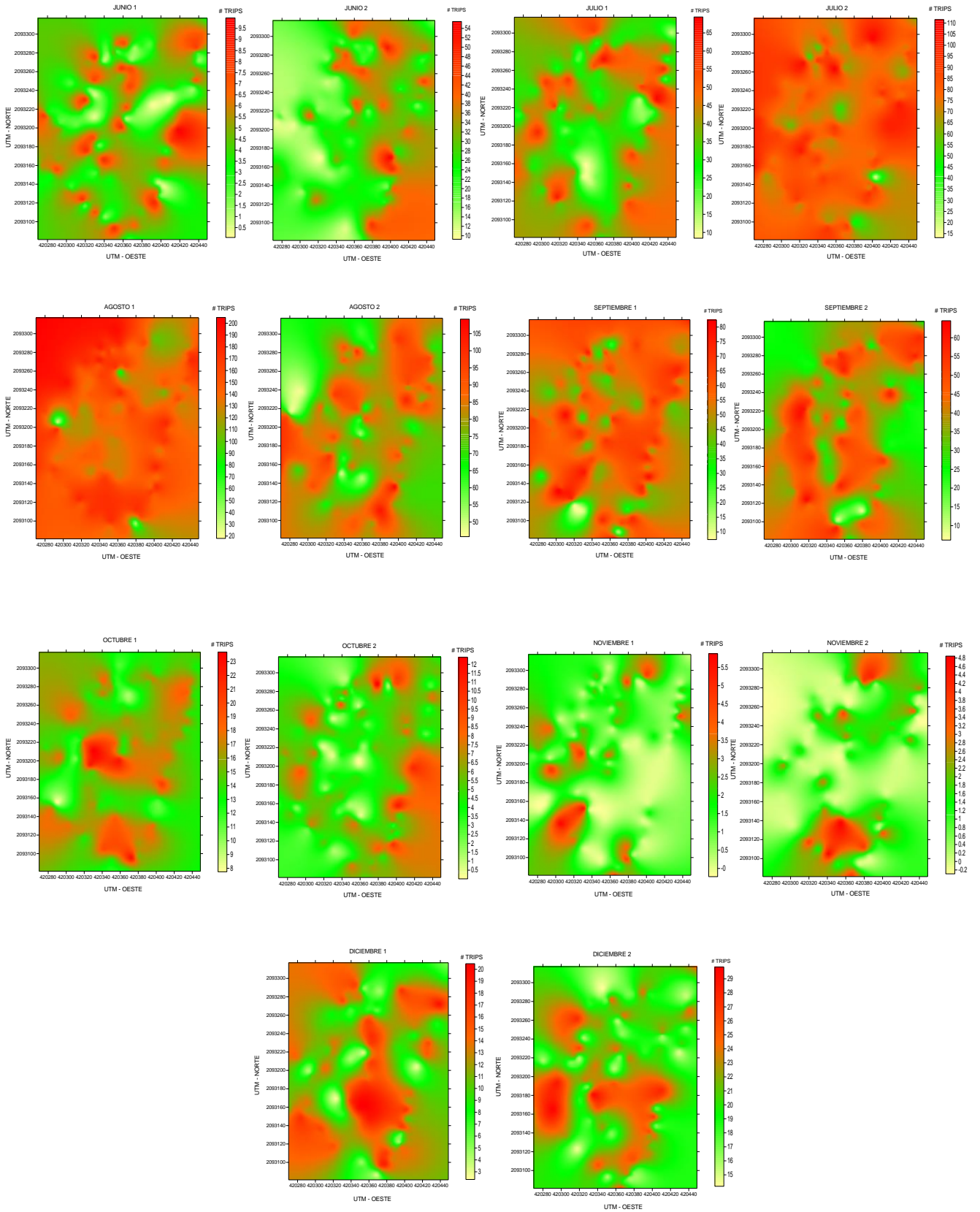
6.2 Elaboración de mapas de densidad

Una vez que se validaron los modelos ajustados en el proceso de análisis geoestadístico, se procedió a realizar las estimaciones de las densidades de huevos, ninfas y adultos del insecto en puntos no muestreados, mediante la técnica del krigeado que permitió la elaboración de mapas de densidad de las poblaciones de trips, lo cual permitió visualizar la agregación de la plaga en las diferentes parcelas analizadas.

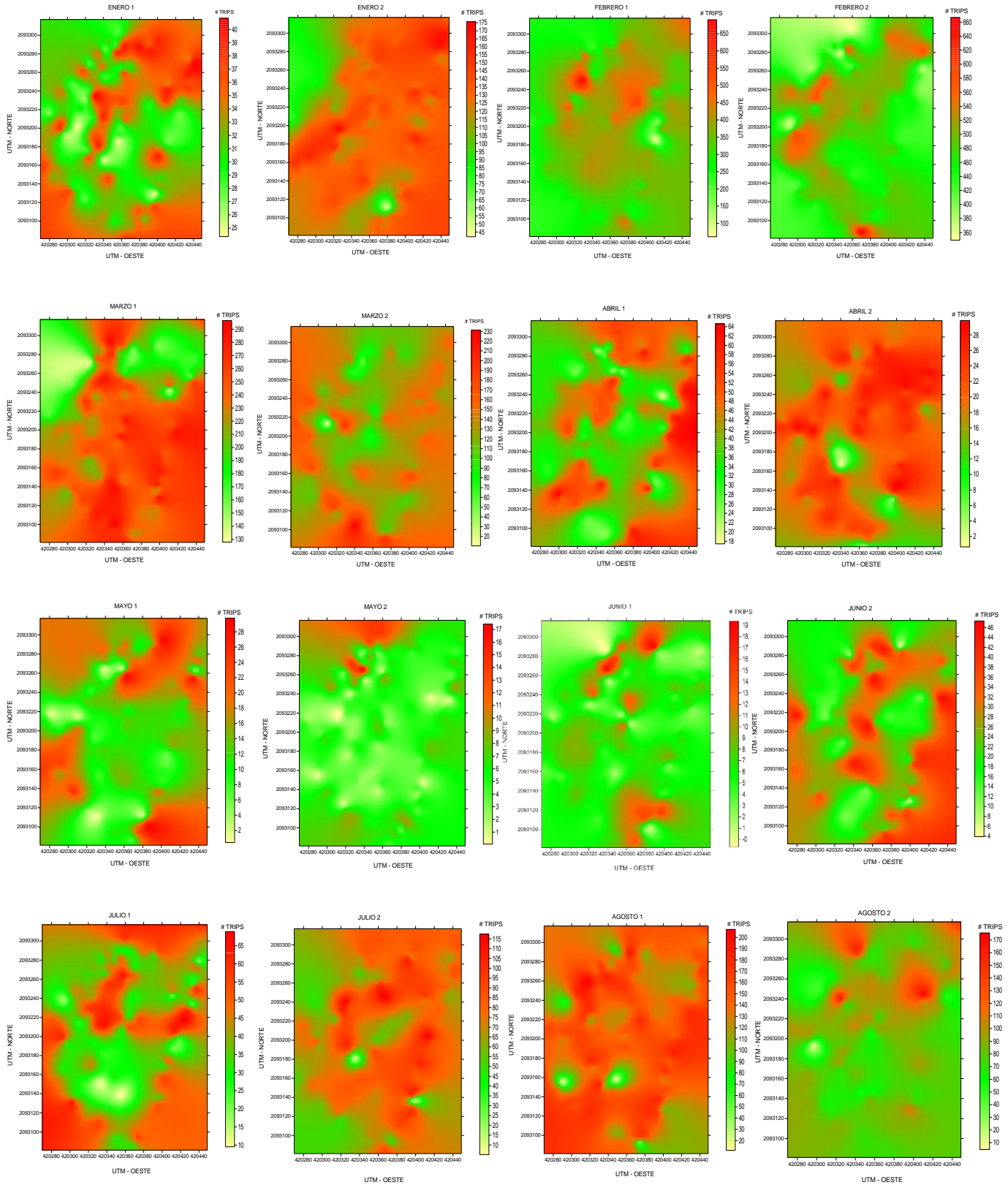
Parcela 1

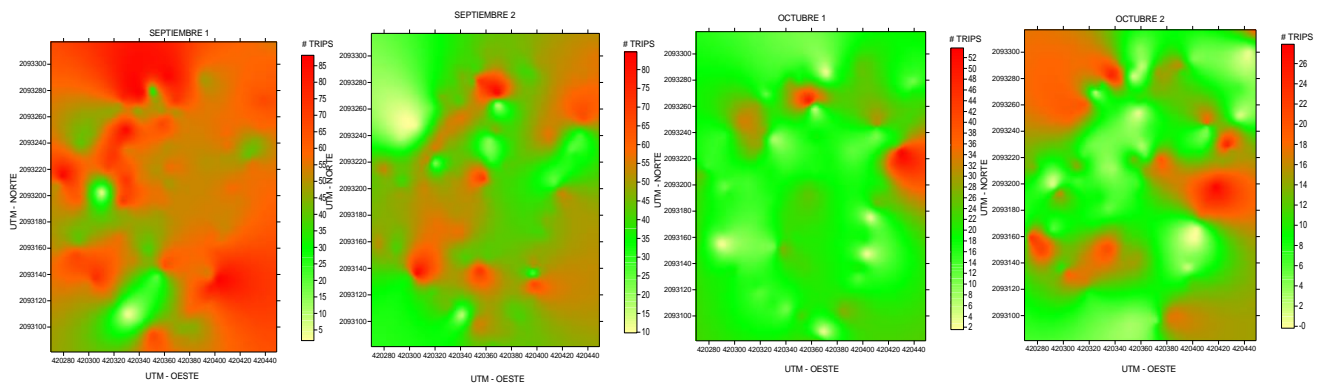
Figura 13. Mapas de densidad poblacional de trips correspondiente a la parcela 1 para el año 2014 y 2015.





AÑO 2015





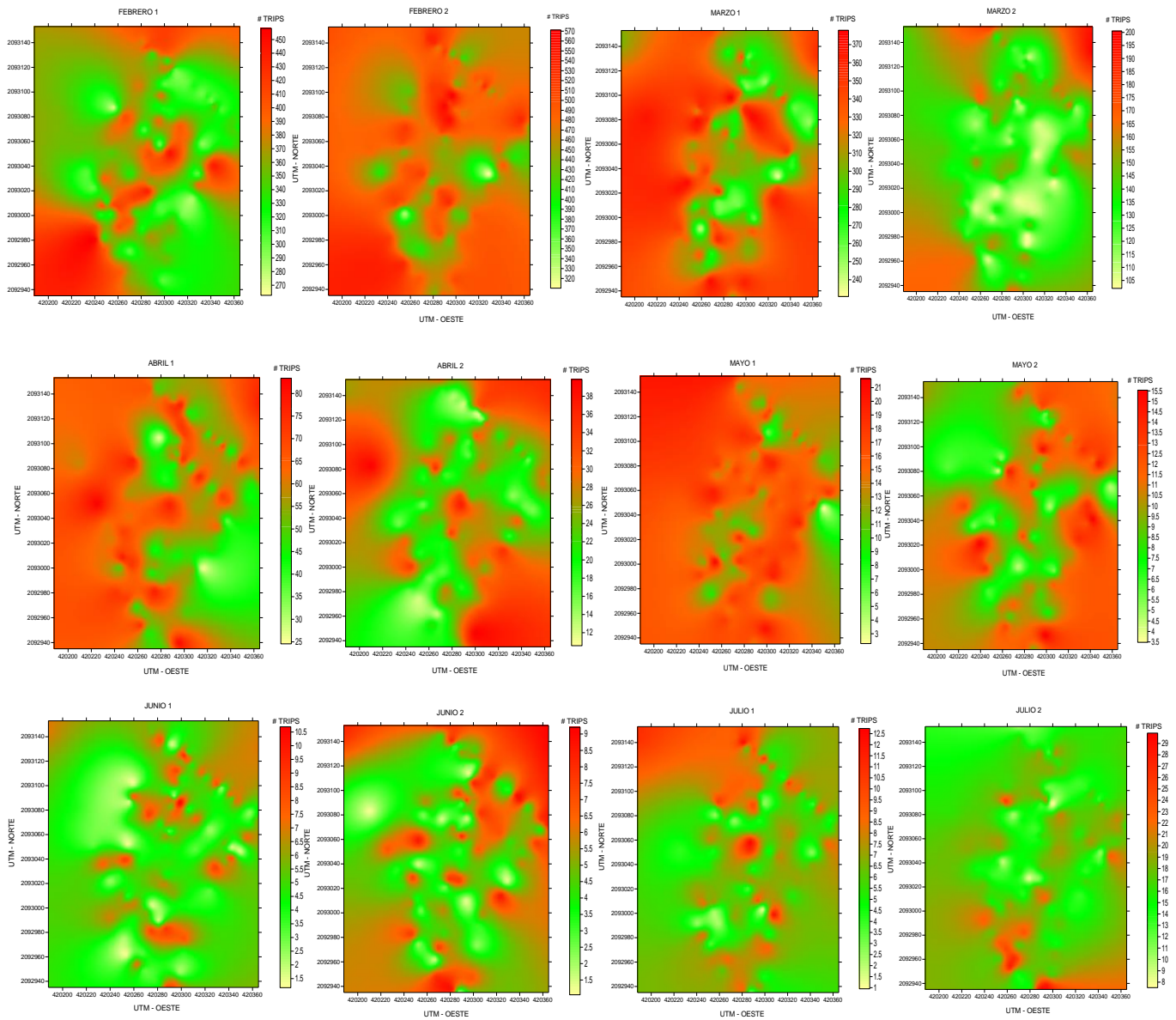
En los mapas anteriores correspondientes a la parcela uno de los años 2014 y 2015 para el primer año se observa cómo se comportan los trips en la parcela, para el mes de febrero ocurre la mayor infestación como se observa en los mapas y en las tablas del resumen estadístico. Los meses con menor densidad de trips son octubre y noviembre. En el segundo año se observan centros de agregación en los mapas de densidad, se puede ver que las poblaciones más altas están en los meses de enero y febrero y posteriormente en el mes de agosto. Las densidades más bajas las tenemos en los meses de mayo para el segundo muestreo y para el primer muestreo de junio. Cabe mencionar que la interpretación de los mapas se realiza con la barra que se encuentra en la parte derecha de cada mapa la cual se le conoce como baremo, en esa barra podemos observar la escala de la densidad y el color que se le asigna a cierto número de trips presentes en la parcela

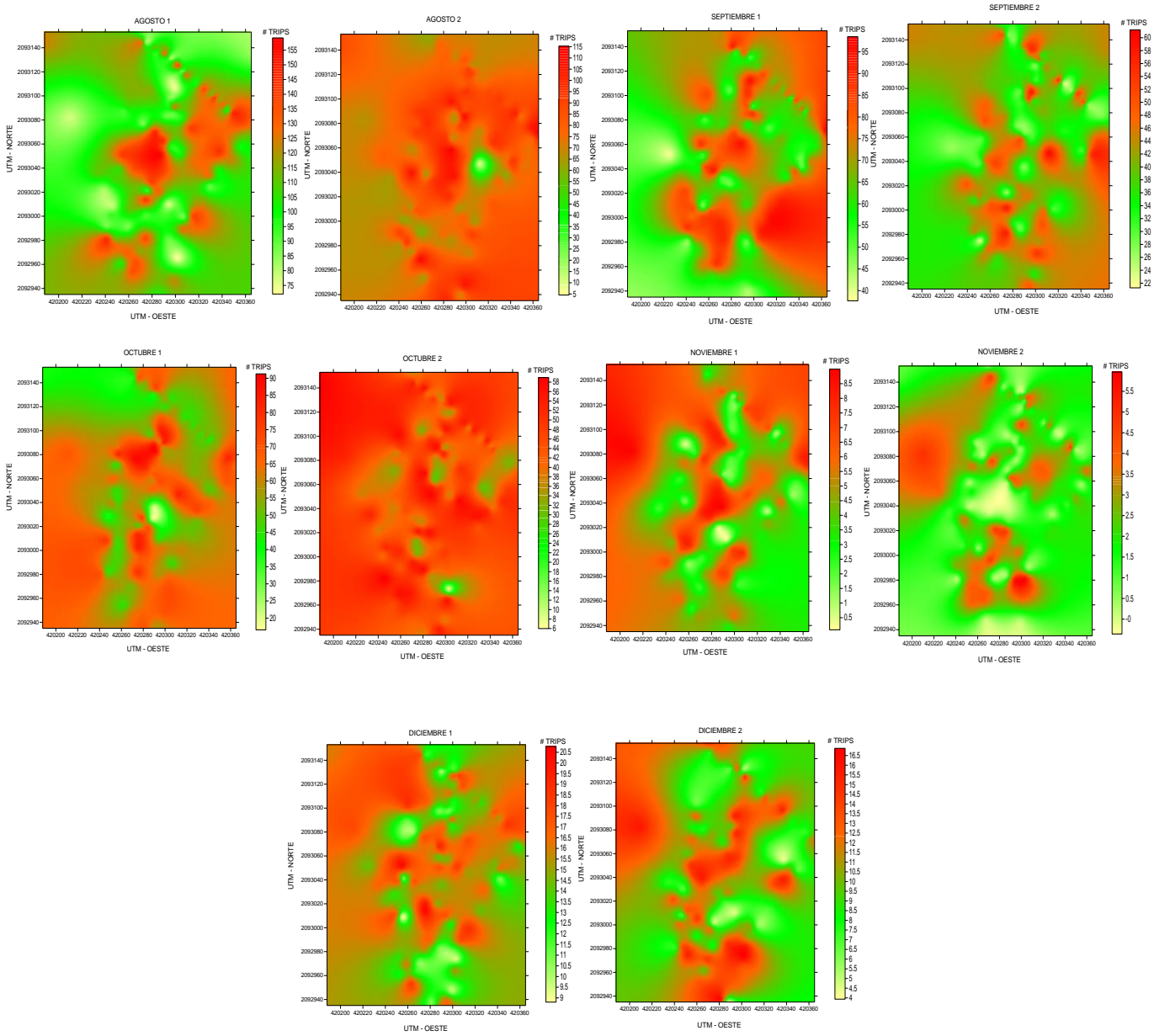
El uso de estos mapas de densidad es muy importante ya que nos puede facilitar herramientas para hacer planes de manejo de dicha plaga, esto nos puede encaminar a modificar nuestros planes de control y por ende mejorarlos para aprovechar más los recursos y poder dirigir el control a puntos específicos dentro de la parcela.

Parcela 2

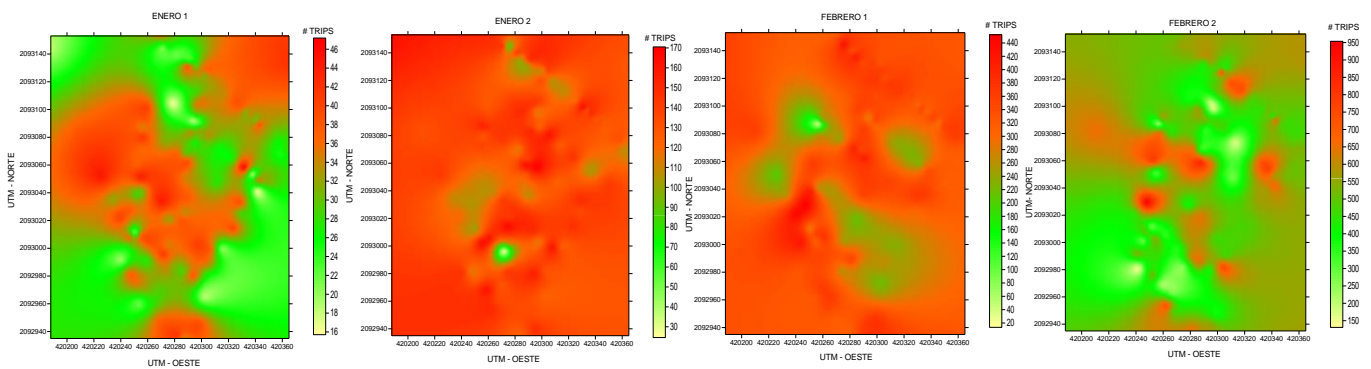
Figura 14. Mapas de densidad poblacional de trips correspondiente a la parcela 2 para el año 2014 y 2015.

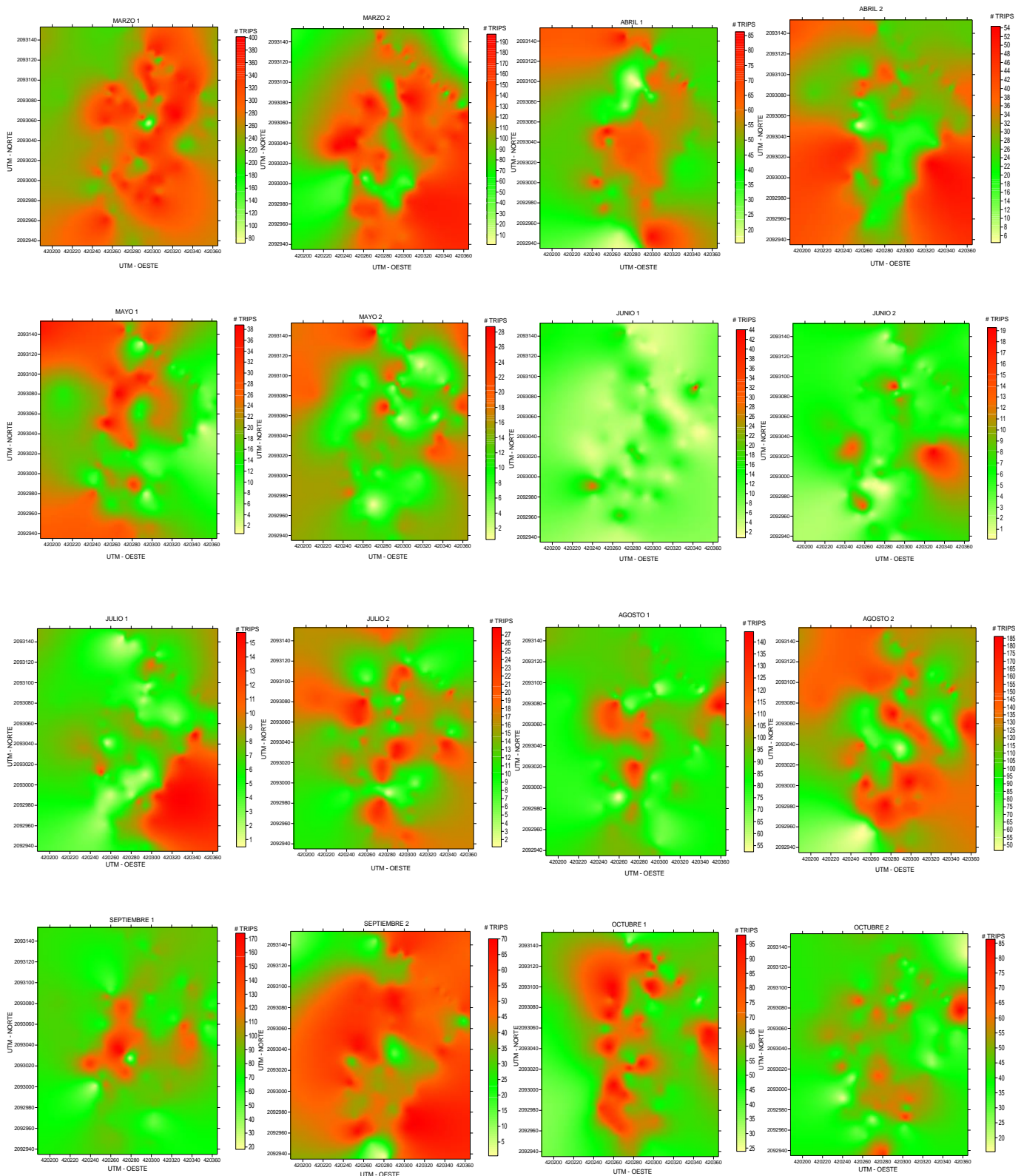
AÑO 2014





AÑO 2015



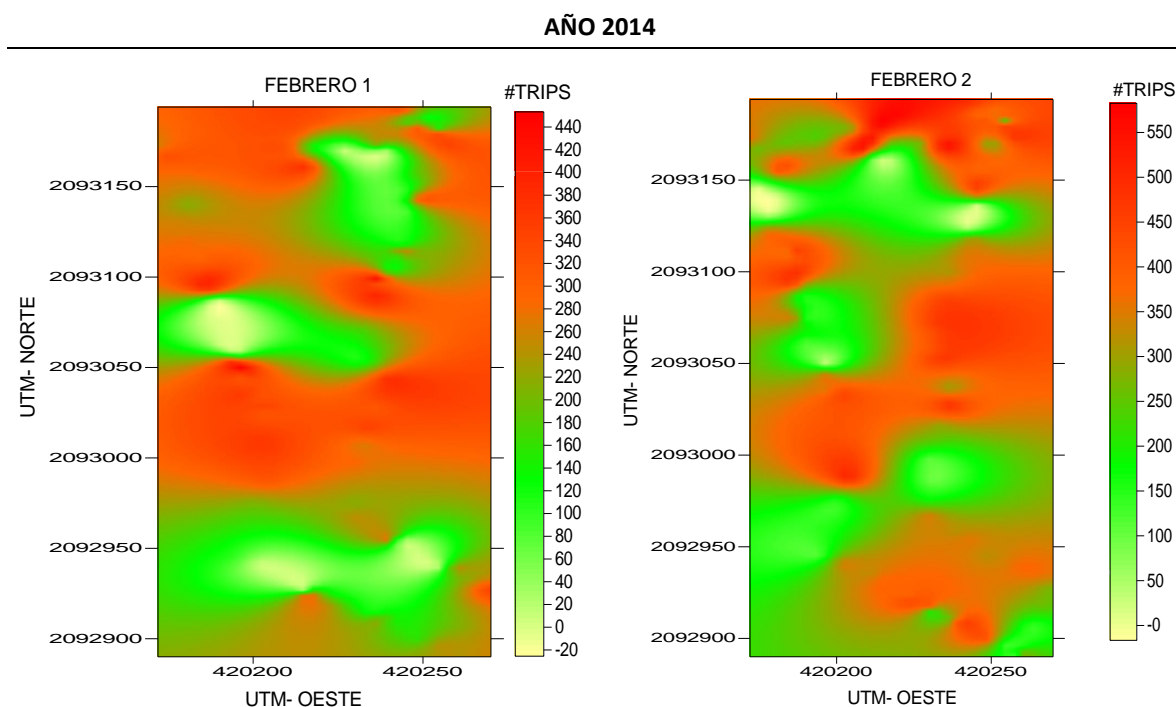


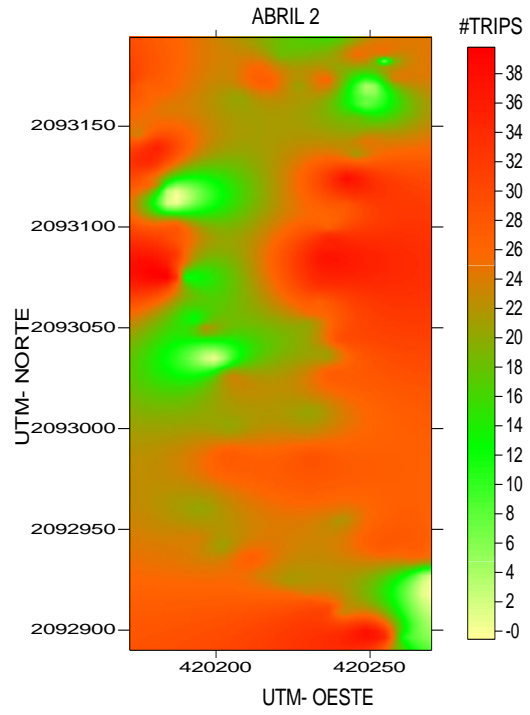
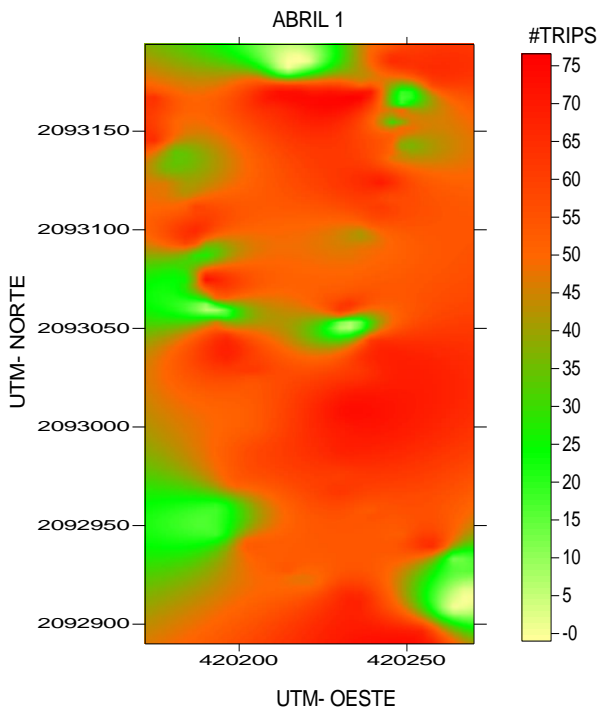
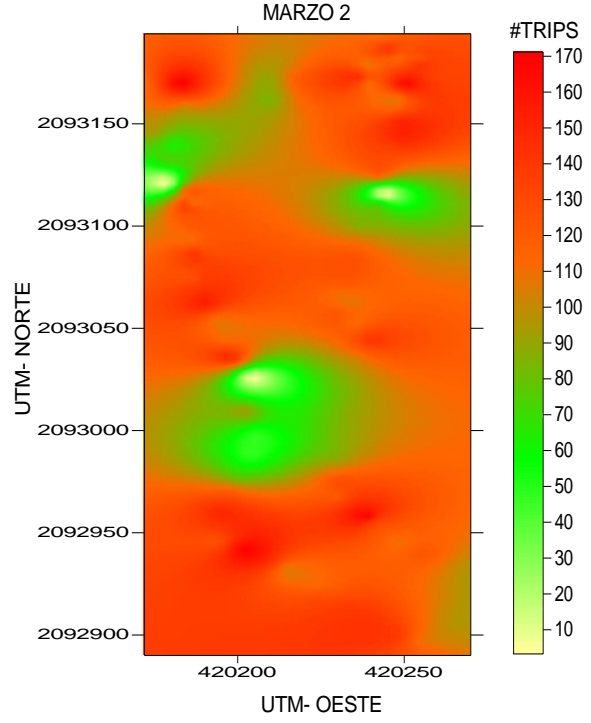
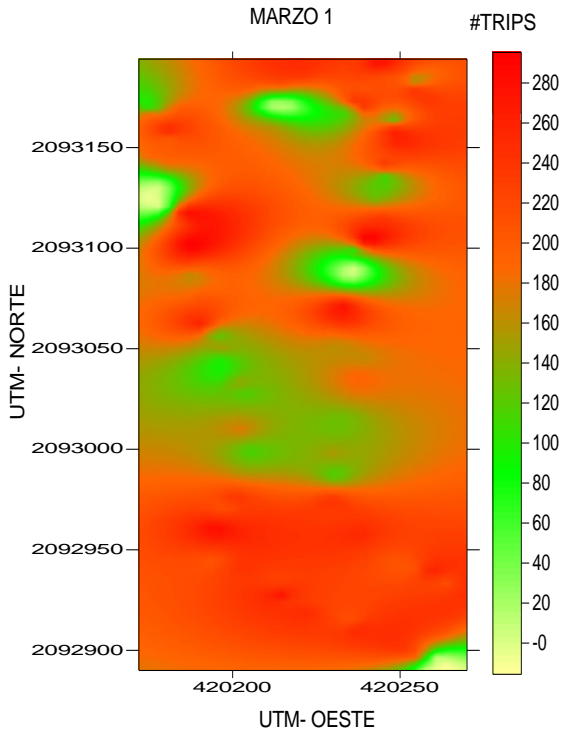
En lo que se refiere a los mapas de densidad de las poblaciones de trips correspondientes a la parcela 2 se observa que en el año 2014 los centros de

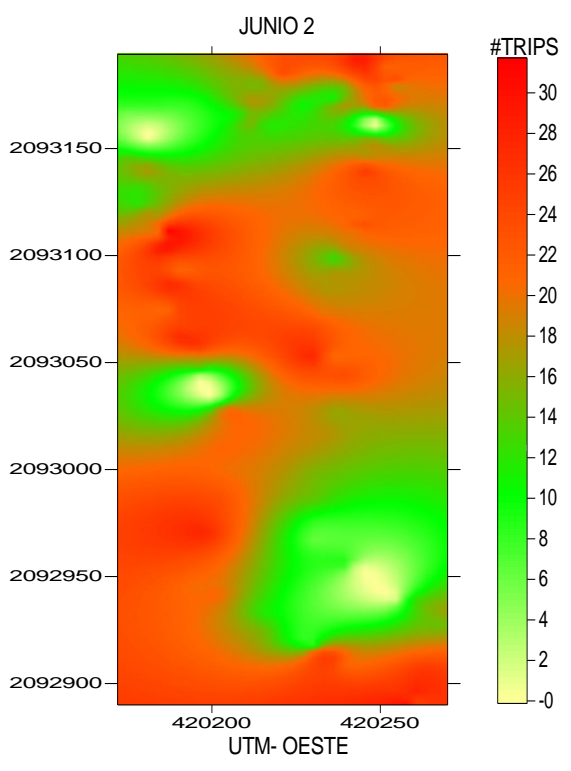
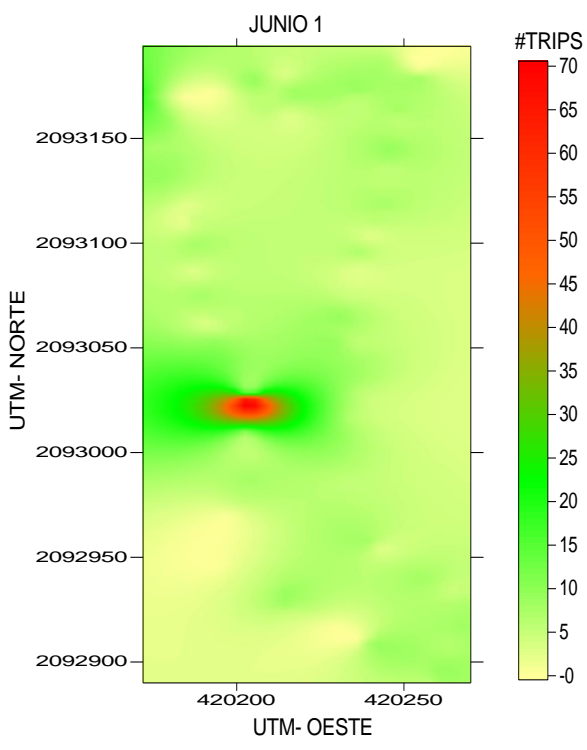
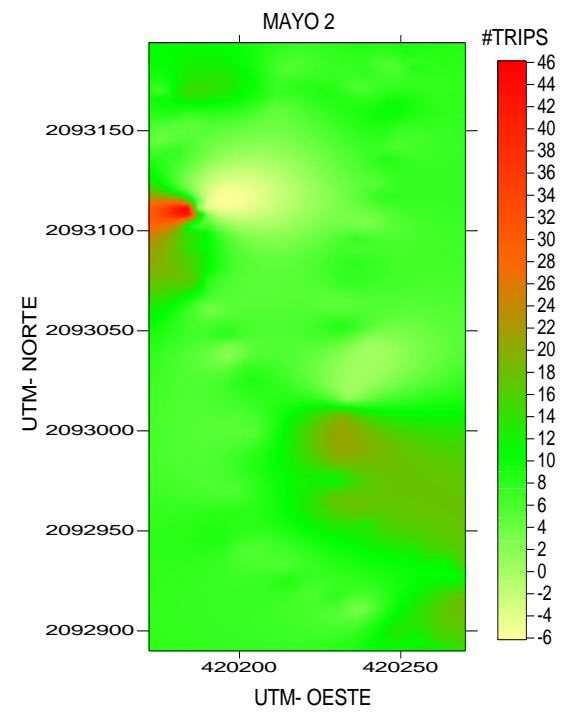
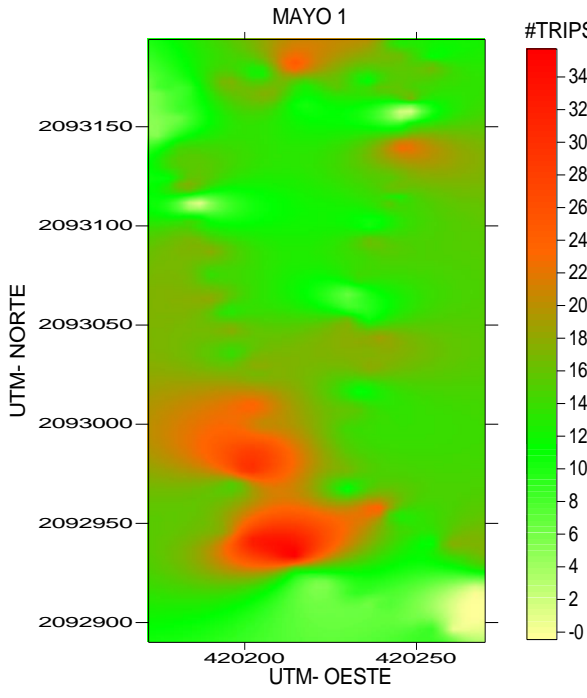
agregación de la plaga, los meses con mayor abundancia son los meses de febrero, marzo y agosto. Los demás meses muestran una estabilidad en la plaga no superando los 40 trips por árbol y teniendo hasta valores muy bajos para el mes de octubre. En el 2015 se observan centros de agregación en los mapas de densidad, podemos observar las poblaciones más altas en los meses de febrero y marzo, posteriormente en el mes de agosto. Las densidades más bajas las tenemos en el segundo muestreo de junio y en el primer muestreo de julio, también podemos observar que las poblaciones de marzo a mayo se mantienen estables geográficamente y solo cambian las densidades en cuanto a los meses.

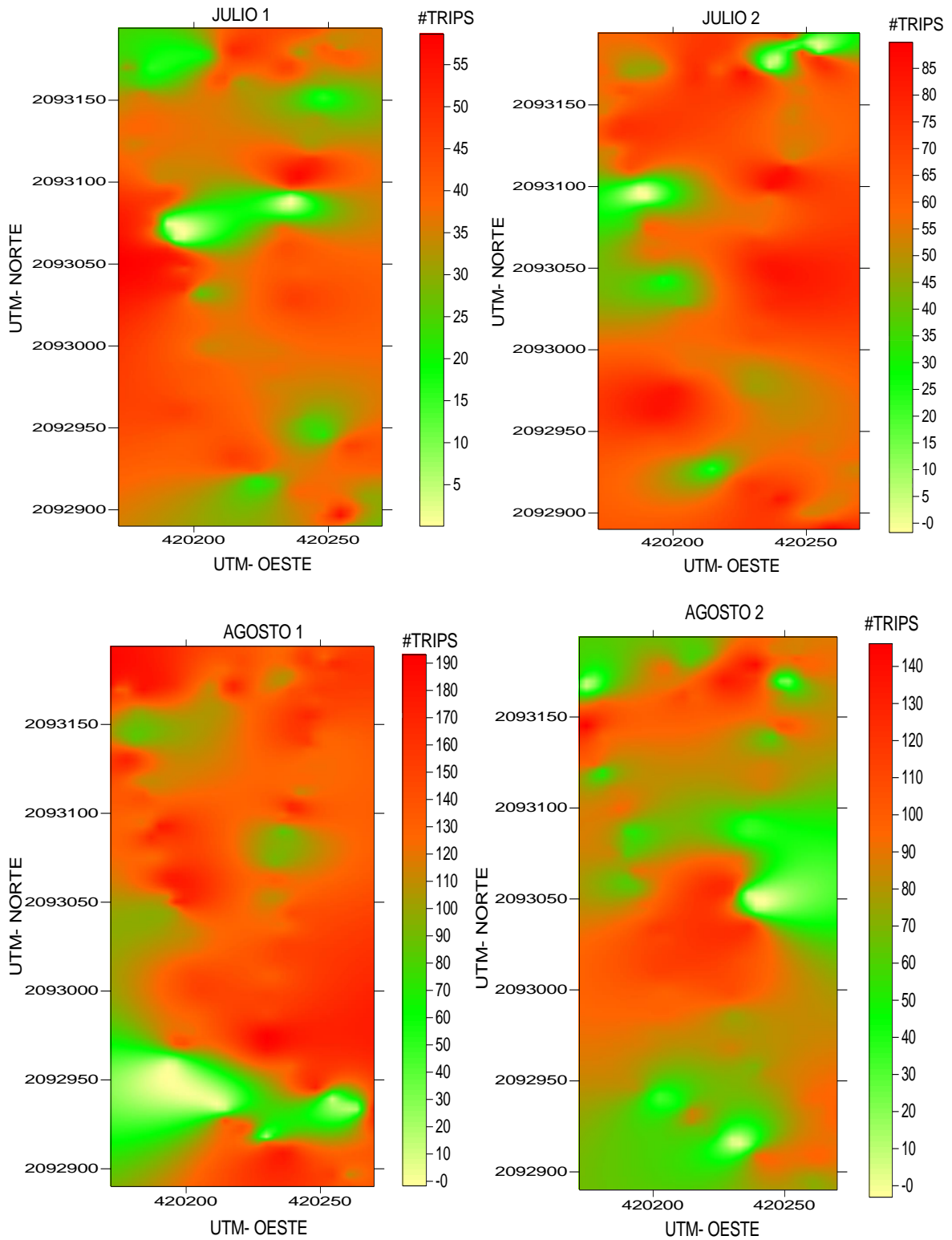
Parcela 3 (Liberación del depredador)

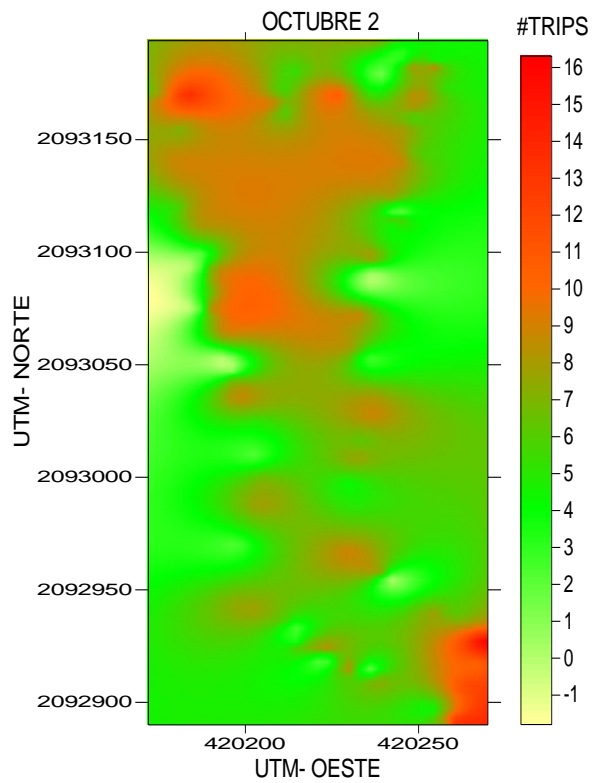
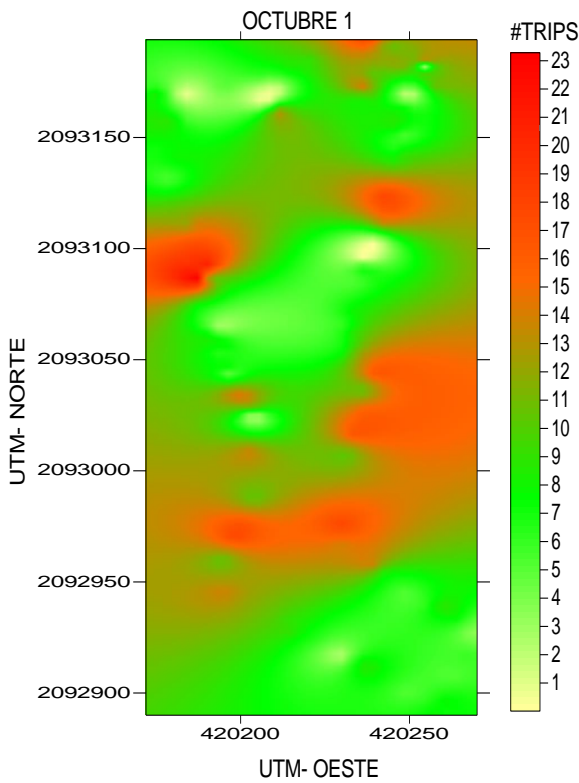
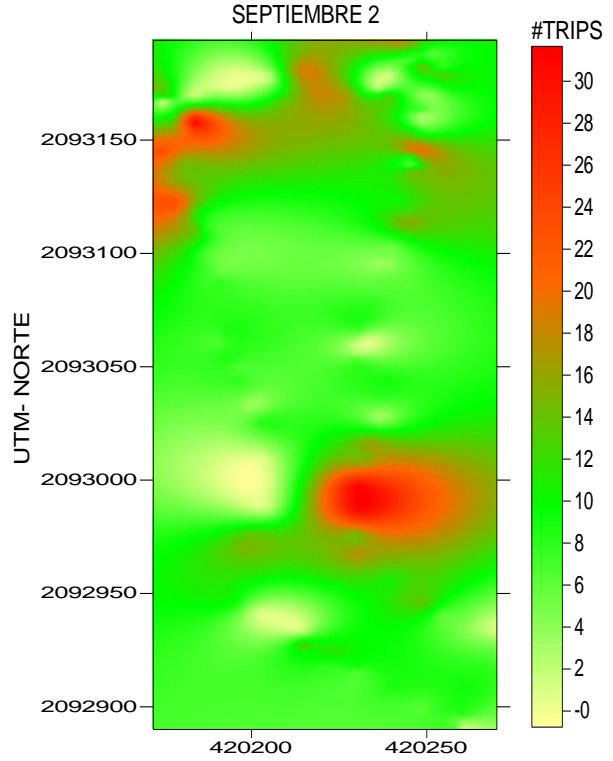
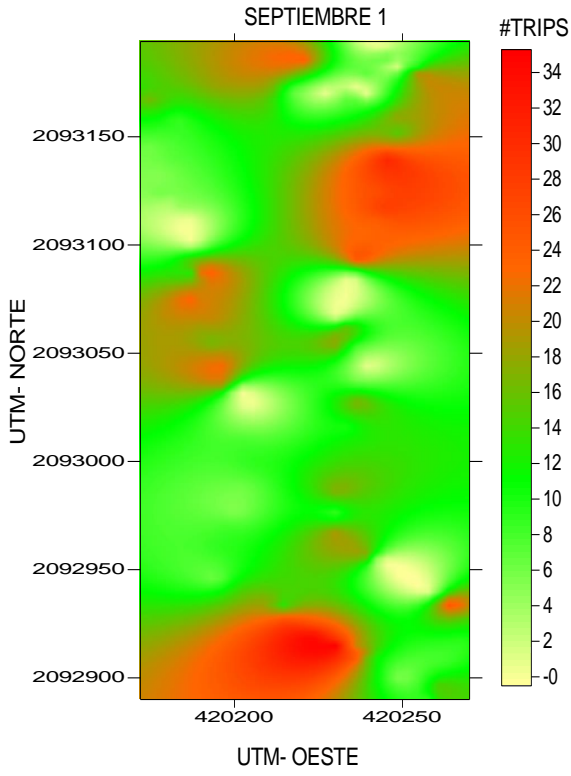
Figura 15. . Mapas de densidad poblacional de trips correspondiente a la parcela 3 para el año 2014 y 2015.

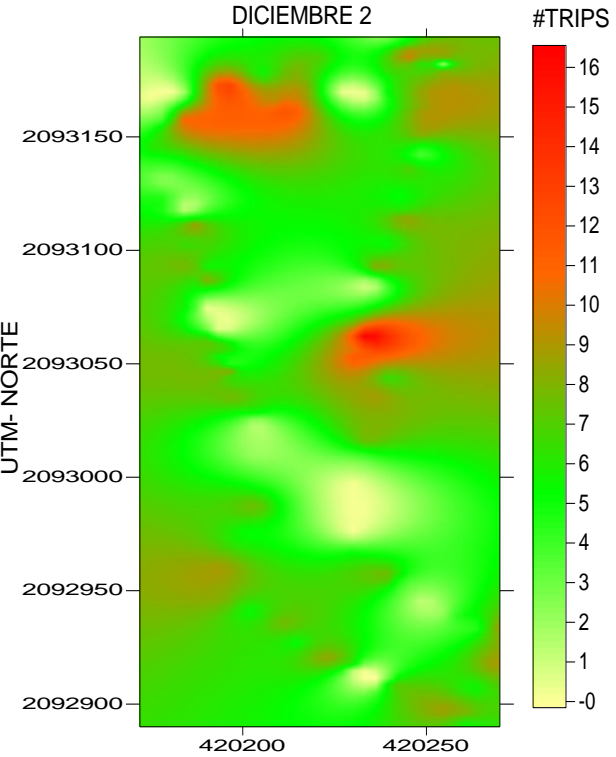
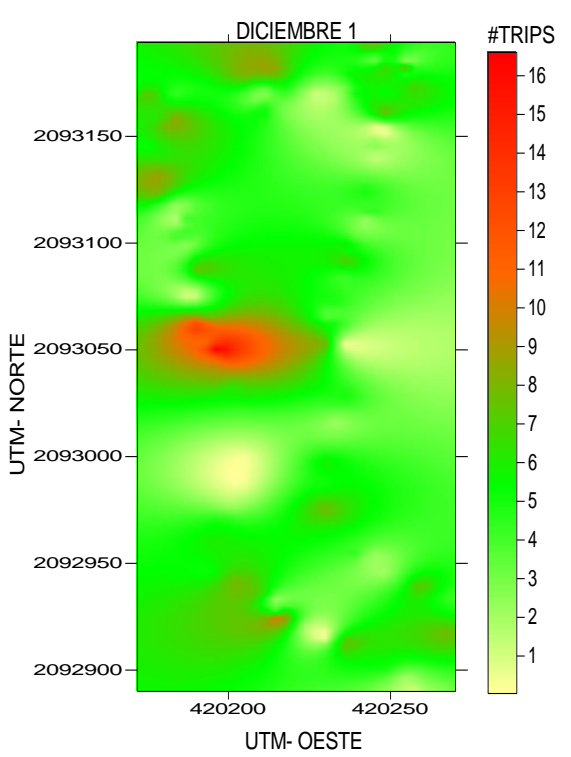
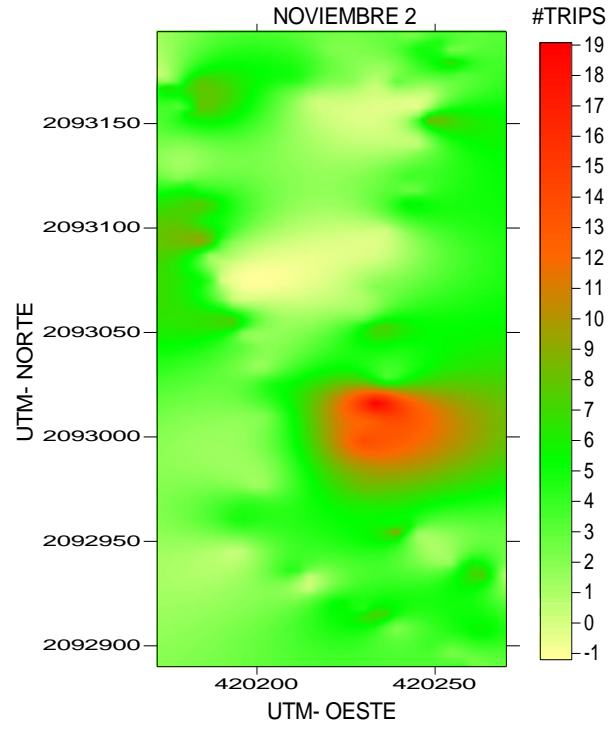
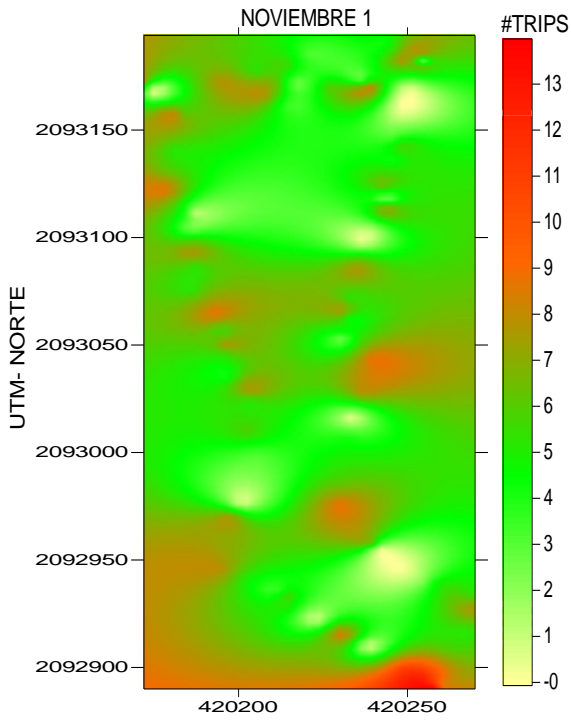




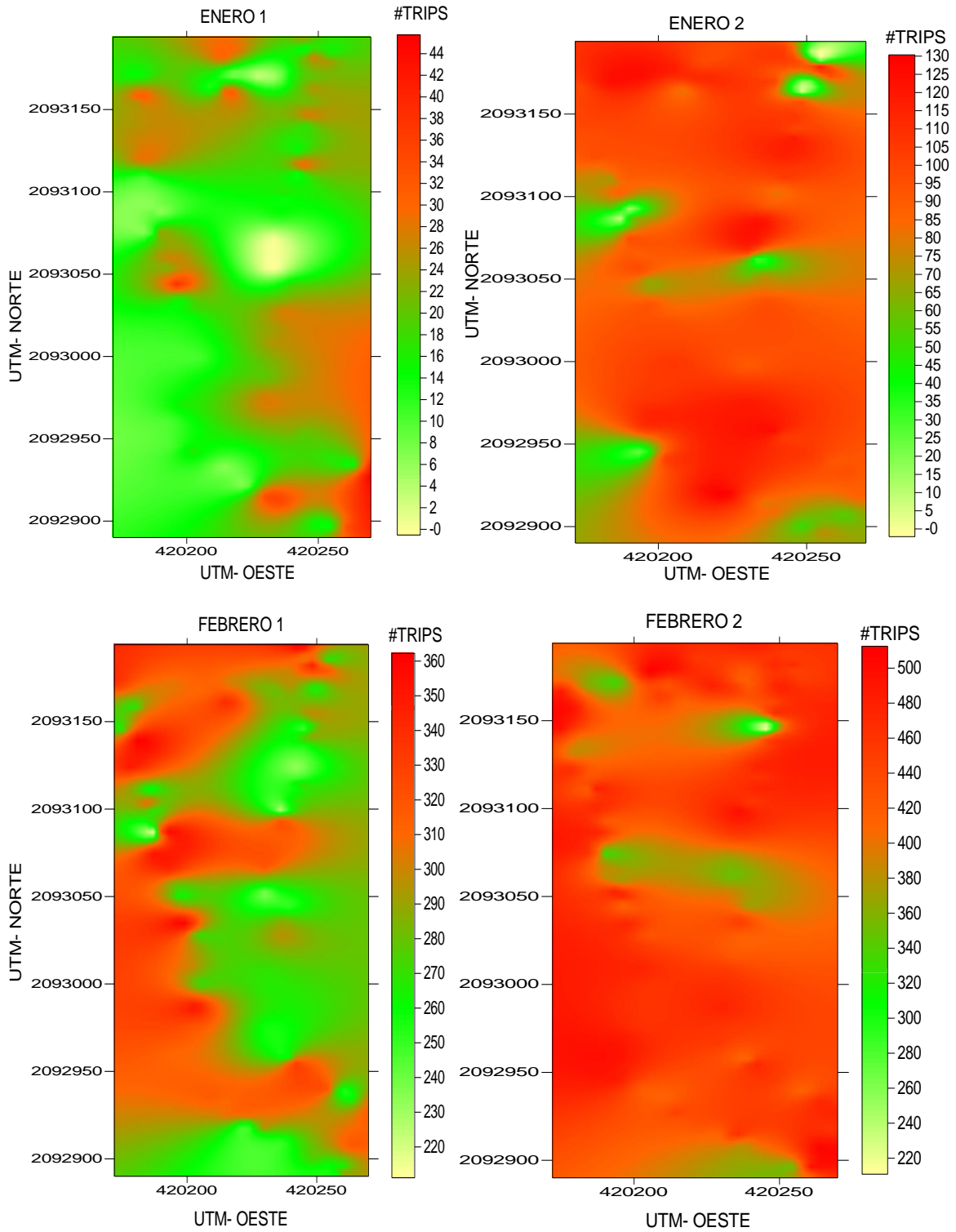


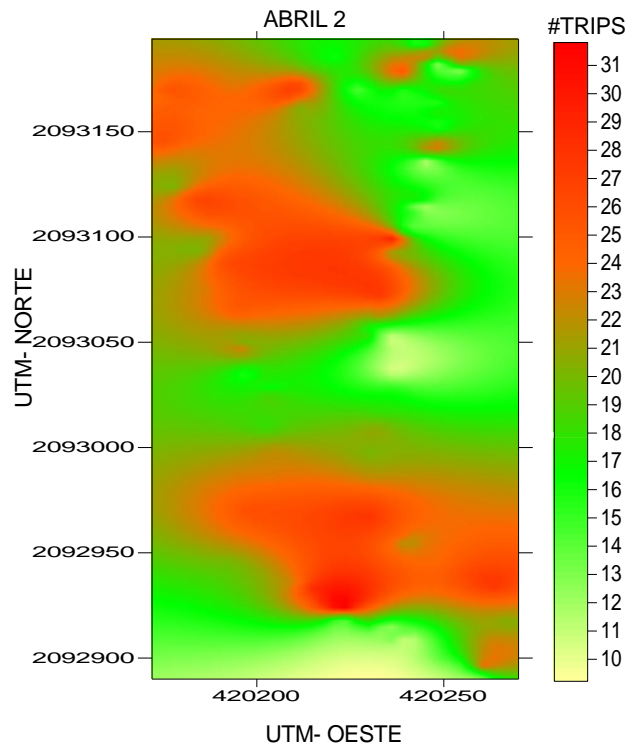
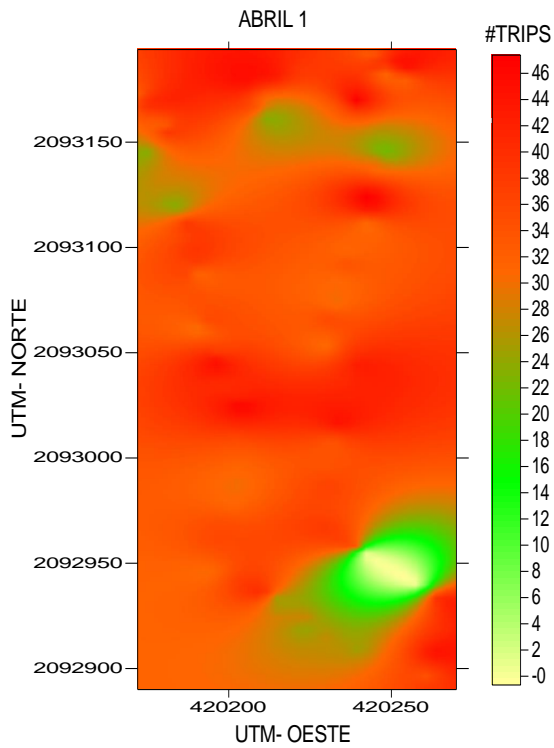
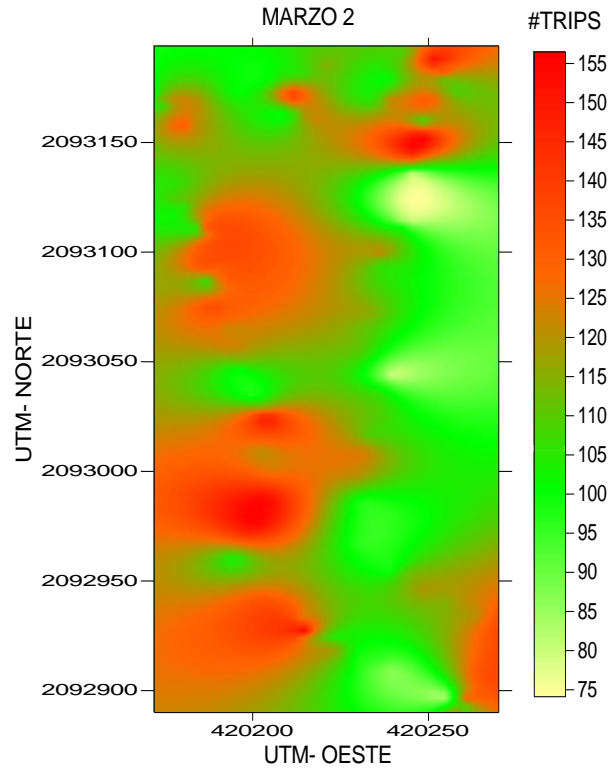
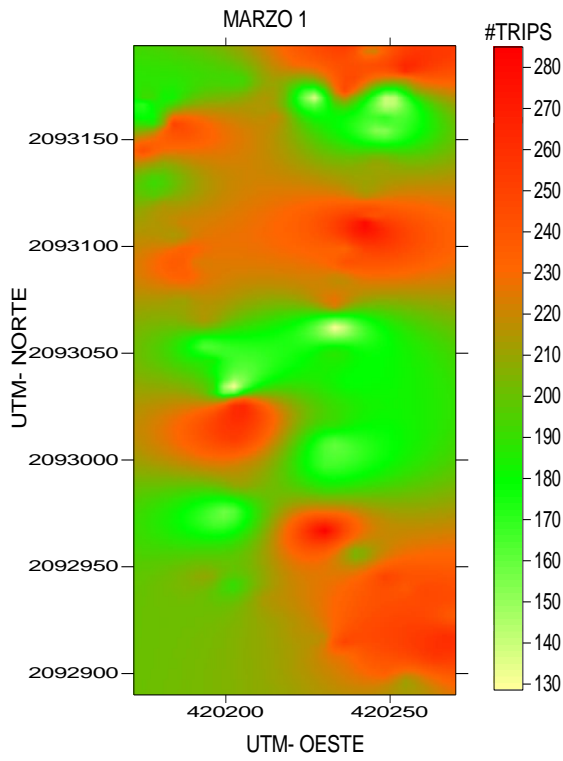


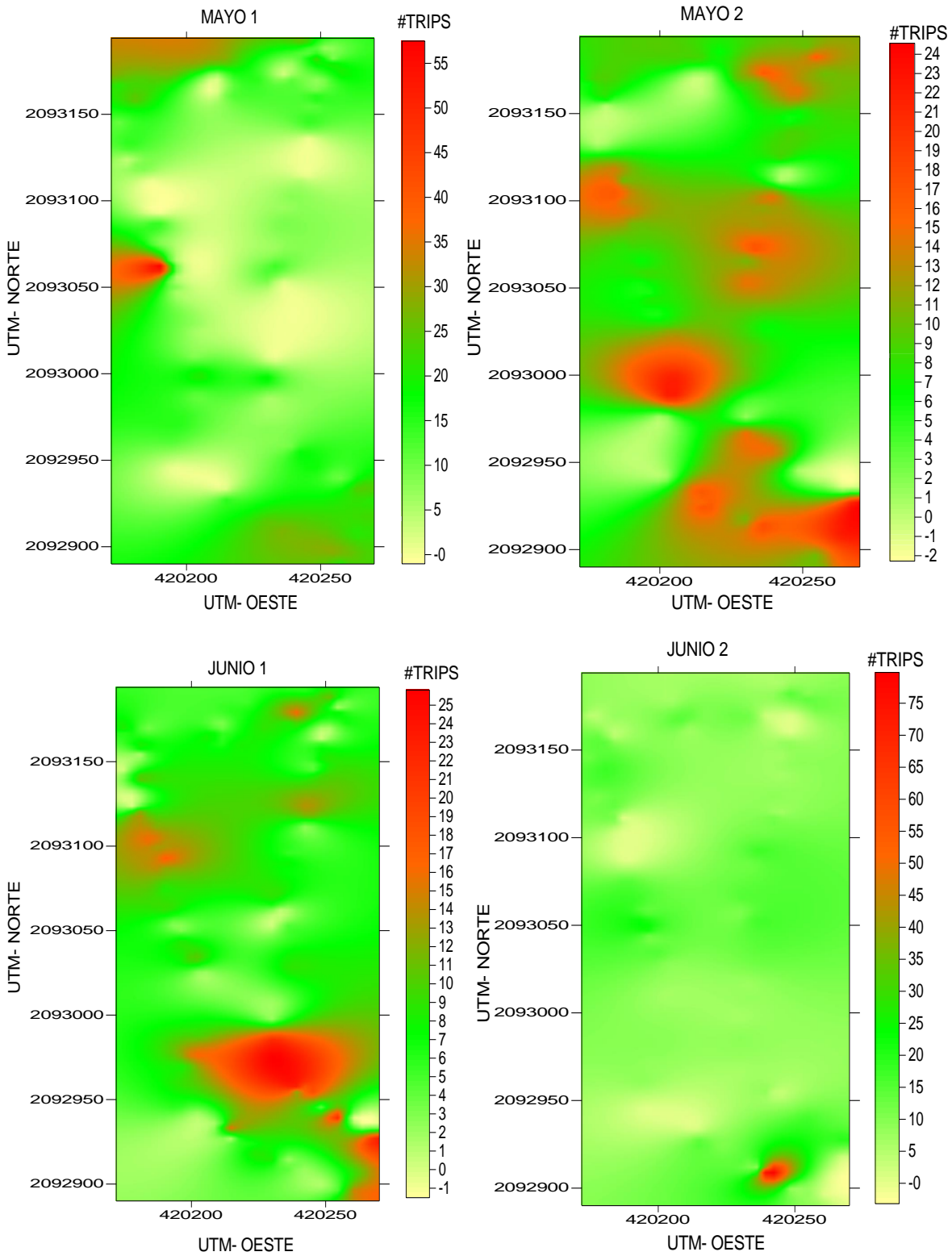


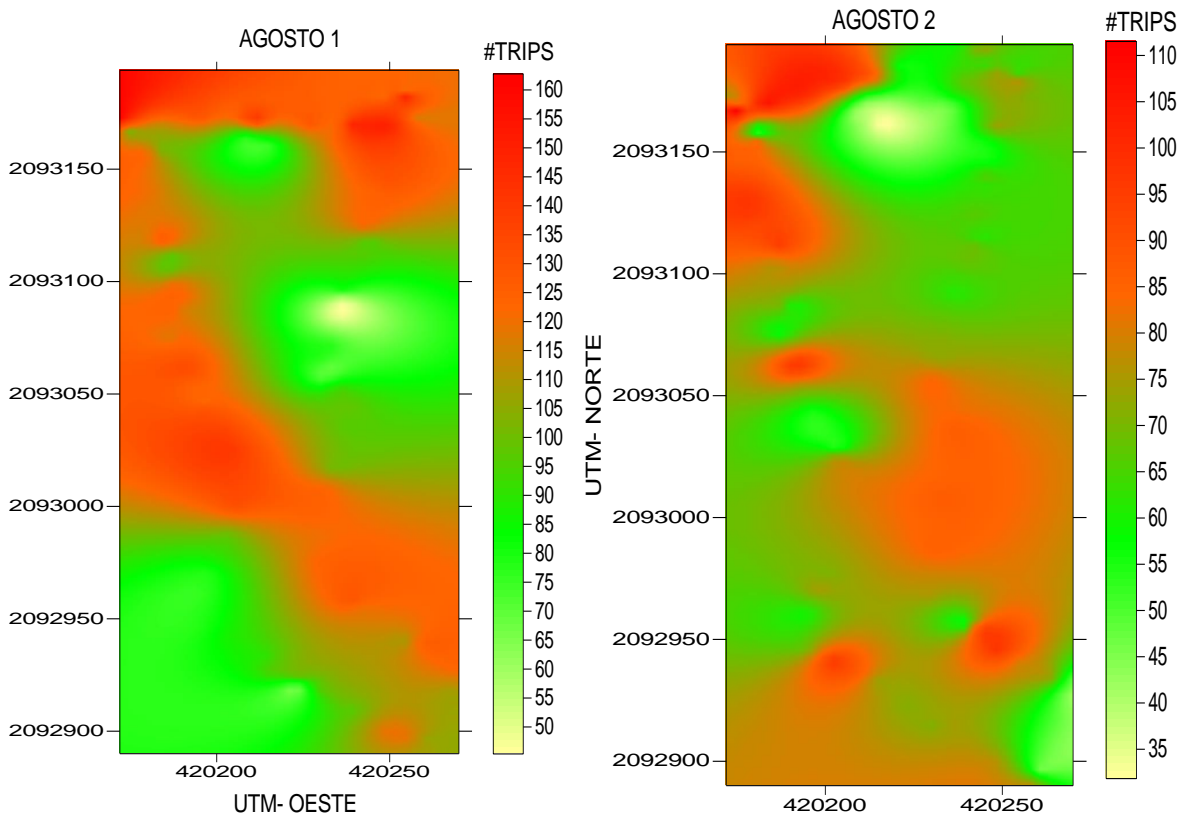
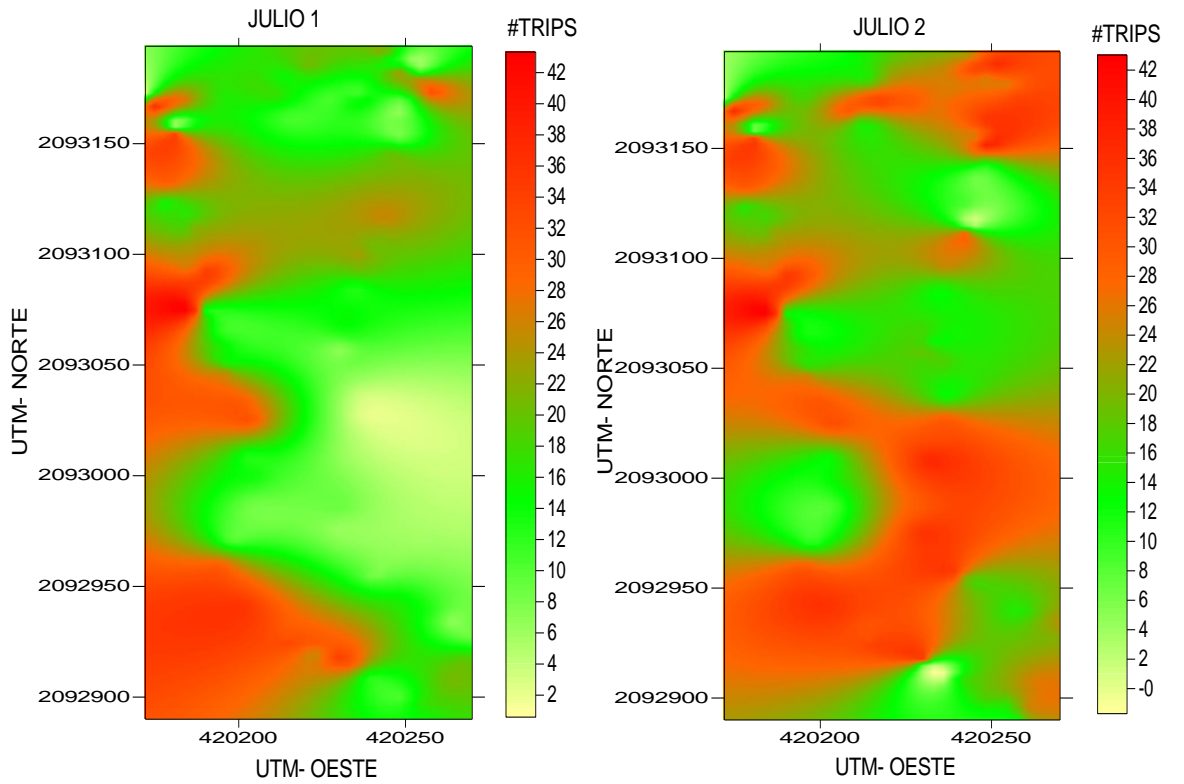


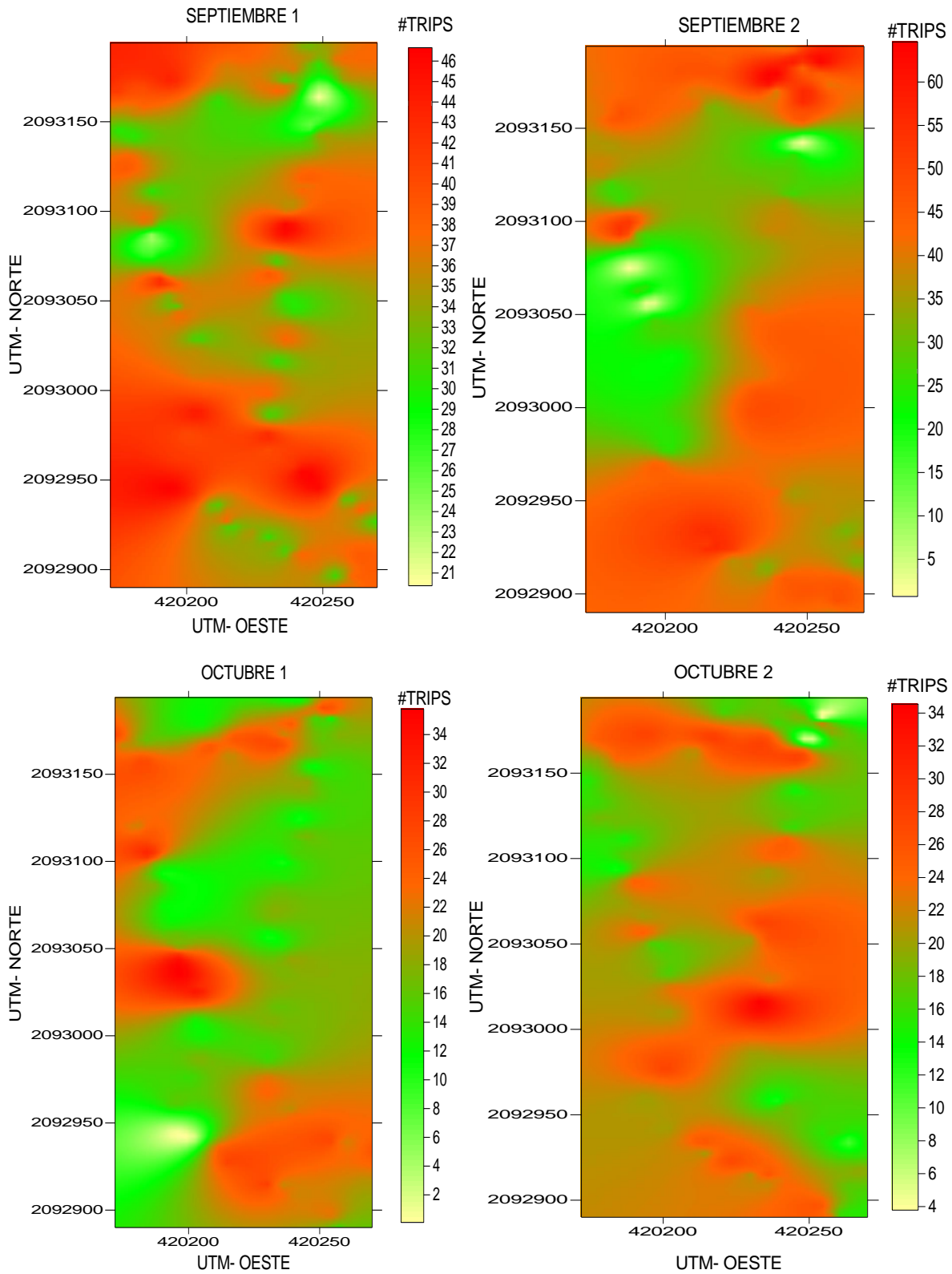
AÑO 2015











En esta parcela se realizó la liberación del depredador *Orius insidiosus* a partir del mes de septiembre ya que se debía muestrear antes la parcela para poder comparar

con las otras dos parcelas y por ende poder atribuir la disminución de las poblaciones de trips a dicho depredador.

Se observa que el mes de febrero continúa siendo el de mayor densidad de población de los trips y también el mes de agosto con un pico importante de poblaciones de trips, los meses posteriores a agosto bajan considerablemente las poblaciones de trips en comparación a las otras dos parcelas, encontramos reducciones en las medias poblacionales para meses de septiembre a diciembre del año 2014. Para el 2015 observa cómo se comporta el trips en la parcela, bajan los niveles de densidad de las poblaciones en comparación con las otras dos parcelas que no tiene liberación.

Se observa un efecto, el cual las poblaciones de trips se sitúan al centro y en las orillas de la parcela esto puede ser debido a diferentes factores como clima. Se puede inferir que las poblaciones de trips bajan debido al efecto del depredador *Orius insidiosus*. Salas (1995) menciona que *O. insidiosus* se alimenta de numerosas presas que incluye varios ordenes de insectos y ácaros, entre los cuales se ha encontrado depredando Trips. *tabaci* y *T. palmi* en sus fases inmaduras y adultas y que la capacidad depredadora de un *Orius* adulto está alrededor de los 20 trips por día, siendo algo menor en los estadíos. En los trabajos realizados por Rodríguez (1998) se comprobó que *Orius* necesita para su desarrollo de una dieta balanceada que contenga trips, ácaros y polen. Elina M. *et al.*, (2010) realizaron un estudio en el cual determinó que *O. insidiosus* consume en promedio de 20 a 22 trips de diferentes estados de desarrollo. Joe F. *et al.*, (2014) llevaron a cabo un experimento en flores de pimiento en las cuales se evaluaron insecticidas sintéticos y el depredador *O. insidiosus* y encontraron que el tratamiento con insecticidas sintéticos resulto en un aumento continuo de trips, mientras que el depredador resulto eficaz ya que suprimió las poblaciones de *Frankliniella* spp. en dicho cultivo

6.3 Superficie infestada

Es importante conocer si la infestación de la plaga era general en las parcelas de estudio. Para ello es importante conocer qué zonas están infestadas y el porcentaje que representan en el conjunto total. Ello va a determinar la cantidad de ahorro económico y de aplicación de medidas de control. Con ese objetivo, se procedió a establecer el porcentaje de superficie infestada y no infestada en cada uno de los mapas elaborados para cada muestreo de trips.

Parcela 1

Los resultados de la superficie infestada para esta parcela se detallan en la tabla 7.

Tabla 7. Porcentaje de superficie infestada y no infestada de la parcela 1 para el año 2014 Y 2015.

MUESTREOS	% INFESTADO	% NO INFESTADO
AÑO 2014		
Febrero 1	100	0
Febrero 2	100	0
Marzo 1	100	0
Marzo 2	100	0
Abril 1	100	0
Abril 2	100	0
Mayo 1	100	0
Mayo 2	100	0
Junio 1	90	10
Junio 2	100	0
Julio 1	100	0
Julio 2	100	0
Agosto 1	100	0
Agosto 2	100	0
Septiembre 1	100	0
Septiembre 2	100	0
Octubre 1	100	0
Octubre 2	100	0
Noviembre 1	78	22
Noviembre 2	60	40
Diciembre 1	100	0
Diciembre 2	100	0
AÑO 2015		
ENERO	100	0
ENERO 2	100	0
FEBRERO 1	100	0
FEBRERO 2	100	0
MARZO 1	100	0

MARZO 2	100	0
ABRIL 1	100	0
ABRIL 2	100	0
MAYO 1	100	0
MAYO 2	100	0
JUNIO 1	92	8
JUNIO 2	100	0
JULIO 1	100	0
JULIO 2	100	0
AGOSTO 1	100	0
AGOSTO 2	100	0
SEPTIEMBRE 1	100	0
SEPTIEMBRE 2	100	0
OCTUBRE 1	100	0
OCTUBRE 2	88	12

Se observa el porcentaje de infestación en la parcela 1 en lo que se refiere al año 2014, esta nos refleja que en la mayor parte de los meses tenemos infestación en casi toda la parcela, el mes con menor infestación es noviembre con 78% para el primer muestreo y 60% para el segundo muestreo. Para el año 2015 podemos observar en el cuadro anterior que se comporta bastante similar al año 2014 con la mayoría de los meses con el 100% de infestación en la parcela, sólo para el mes de junio en el primer muestreo y octubre en el segundo muestreo podemos observar que no tenemos un 100% de infestación.

Parcela 2

Tabla 8. Porcentaje de superficie infestada y no infestada de la parcela 2 para el año 2014 Y 2015.

MUESTREOS	% INFESTADO AÑO 2014	% NO INFESTADO
Febrero 1	100	0
Febrero 2	100	0
Marzo 1	100	0
Marzo 2	100	0
Abril 1	100	0
Abril 2	100	0
Mayo 1	100	0
Mayo 2	100	0
Junio 1	90	10
Junio 2	100	0

Julio 1	100	0
Julio 2	100	0
Agosto 1	100	0
Agosto 2	100	0
Septiembre 1	100	0
Septiembre 2	100	0
Octubre 1	100	0
Octubre 2	100	0
Noviembre 1	95	5
Noviembre 2	86	14
Diciembre 1	100	0
Diciembre 2	100	0
AÑO 2015		
ENERO	100	0
ENERO 2	100	0
FEBRERO 1	100	0
FEBRERO 2	100	0
MARZO 1	100	0
MARZO 2	100	0
ABRIL 1	100	0
ABRIL 2	100	0
MAYO 1	100	0
MAYO 2	100	0
JUNIO 1	92	8
JUNIO 2	100	0
JULIO 1	100	0
JULIO 2	100	0
AGOSTO 1	100	0
AGOSTO 2	100	0
SEPTIEMBRE 1	100	0
SEPTIEMBRE 2	100	0
OCTUBRE 1	100	0
OCTUBRE 2	88	12

Se observar que en ésta parcela la mayoría de los meses en el 2014 presentan infestación al 100 por ciento, solo el mes de noviembre presenta una ligera reducción en los dos muestreos. Esto lo podemos corroborar con los mapas de densidad de trips donde se observa que la mayor parte de los meses la plaga se ubica en toda la parcela. Estos indicativos podrían confundirnos, no porque se presente infestación en toda la parcela se tendría un serio problema, sino que tenemos que poner especial atención en las densidades poblacionales de la plaga ya que en ciertos meses tenemos poblaciones muy bajas, aunque si existe presencia. En lo que se refiere al 2015 podemos observar que el porcentaje de

infestación es de 100 por ciento para todos los meses muestreados, esto nos quiere decir que en todos los meses hubo presencia de trips en toda la parcela, aunque con diferentes densidades poblacionales, esto nos da una idea del problema que implica esta plaga para el aguacate y para los demás cultivos. Los trips tienen gran capacidad de adaptación y esto se refleja en las tablas anteriores donde se establece en el cultivo durante todo el año.

Parcela 3 (Liberación del depredador)

Tabla 9. Porcentaje de superficie infestada y no infestada de la parcela 3 para el año 2014 Y 2015.

MUESTREOS	% INFESTADO	% NO INFESTADO
AÑO 2014		
Febrero 1	100	0
Febrero 2	100	0
Marzo 1	100	0
Marzo 2	100	0
Abril 1	100	0
Abril 2	100	0
Mayo 1	100	0
Mayo 2	100	0
Junio 1	100	0
Junio 2	100	0
Julio 1	100	0
Julio 2	100	0
Agosto 1	100	0
Agosto 2	100	0
Septiembre 1	100	0
Septiembre 2	100	0
Octubre 1	100	0
Octubre 2	100	0
Noviembre 1	100	0
Noviembre 2	100	0
Diciembre 1	100	0
Diciembre 2	100	0
AÑO 2015		
ENERO	100	0
ENERO 2	100	0
FEBRERO 1	100	0
FEBRERO 2	100	0
MARZO 1	100	0
MARZO 2	100	0
ABRIL 1	100	0

ABRIL 2	100	0
MAYO 1	100	0
MAYO 2	100	0
JUNIO 1	100	0
JUNIO 2	100	0
JULIO 1	100	0
JULIO 2	100	0
AGOSTO 1	100	0
AGOSTO 2	100	0
SEPTIEMBRE 1	100	0
SEPTIEMBRE 2	100	0
OCTUBRE 1	100	0
OCTUBRE 2	100	0

En la tabla anterior se encuentra el porcentaje de infestación de la parcela tres donde se realizó la liberación del depredador *Orius insidiosus*, se observa que el comportamiento de los trips en lo que se refiere a su presencia en el cultivo es similar al de las parcelas anteriores donde encontramos en la mayoría de los meses que el porcentaje de infestación fue total, en esta parcela los porcentajes de infestación fueron del 100% de la parcela, sin embargo, puede que se encuentre en toda la parcela pero las densidades de población bajaron notoriamente comparado con las otras dos parcelas, es decir, el trips se encuentra en toda la parcela pero en densidades mucho menores que en las parcelas 1 y 2 . La liberación del depredador de realizo en el mes de septiembre y por lo cual podemos inferir que se adaptó rápidamente en el cultivo y empezó la depredación hacia los trips, esto lo podemos observar en la disminución de las densidades de la población del insecto plaga.

Es muy importante conocer el porcentaje de infestación para decidir donde se dirigirán las medidas diferentes medidas de control que se utilicen, junto con el porcentaje de infestación debemos conocer la densidad de la población de la plaga y así aplicar el control con diferentes dosis. Esto nos dará como resultado ahorro en insumos y por ende reducción en costos de producción del cultivo. Contrario a estos resultados Weisz *et al.*, (1996) en larvas del escarabajo de la patata encontraron que la superficie infestada representó un máximo del 70% de las parcelas estudiadas. Ifoulis y Savopoulou-Soultani (2007), mediante sus estudios

encontraron que *Lobesia botrana* tiene una distribución agregada en viñedos, de esta manera determinaron la superficie infestada y no infestada por la plaga, con lo que hallaron que este insecto no infesta el 100% de los viñedos.

6.4 Prueba estadística t de student

La prueba de t de student se utiliza para hacer una comparación de medias y determinar si existe cierta significancia entre los datos comparados, esta prueba se aplica cuando la población estudiada sigue una distribución normal.

A continuación se presentan los datos obtenido en la prueba t de student.

Tabla 10. Prueba estadística de T de Student con significancia al 0.025

COMPARACIÓN	VALOR DE TABLAS	VALOR CALCULADO
Parcela 1 vs Parcela 3 (depredador) febrero-agosto 2014	2.1604	0.0197 ns
Parcela 2 VS Parcela 3 (depredador) febrero-agosto 2014	2.1604	0.0813 ns
Parcela 1 VS Parcela 2 (febrero – agosto 2014)	2.1604	0.3669 ns
Parcela 2 VS Parcela 1 (septiembre- octubre 2015)	2.0518	0.1618 ns
Parcela 1 VS Parcela 3 (depredador) septiembre-octubre 2015	2.0518	2.1632 *
Parcela 2 VS Parcela 3 (depredador) septiembre-octubre 2015	2.0518	2.7329 *

ns= no significativo, *= significativo al 0.025

Se pueden observar las comparaciones que se realizaron para conocer si existía o no significancia entre las densidades poblacionales de trips. Se realizaron las combinaciones posibles y se prosiguió a realizar la prueba, se dividió la prueba en dos partes, una con los meses donde no existió liberación del depredador y la segunda parte donde ya existió liberación, esto quiere decir que primero se comparó de febrero a agosto del año 2014 en las tres parcelas y posteriormente se realizó la

comparación a partir de septiembre del 2014 a octubre del 2015. Podemos observar que en las primeras tres comparaciones no existe significancia entre las densidades poblacionales, es decir que la fluctuación de trips se comportó de la misma manera en las tres parcelas. En las siguientes tres comparaciones observamos que existe significancia en la comparación de la parcela 1 contra la parcela 3 y de igual forma entre la parcela 2 contra la parcela 3, esta última es donde existió la liberación del depredador. En la comparación de la parcela 1 contra la parcela 2 a partir del mes de septiembre no existió significancia.

Con lo anterior podemos inferir que existen diferencias significativas en la disminución de las densidades de trips en donde existió liberación del depredador *Orius insidiosus*, y se establece estadísticamente que dicho depredador tiene eficacia en el control de los trips.

6.5 ANALISIS ESPACIAL POR INDICES DE DISTANCIA (SADIE)

Parcela 1

Se puede observar en la tabla 11 que el caso del índice I_a el valor se situó entre 1.40 y 1.78. En todos los casos el índice I_a fue significativamente superior a 1 (tabla 11) lo que indica una distribución espacial agregada de los trips dentro de la parcela 1

En lo que se refiere al índice J_a el valor mínimo fue de 1.10 a 1.28 el más alto. En todos los casos las fechas de muestreo el índice J_a fue superior a 1 pero un ningún caso de forma significativa, sin embargo, remarca la agregación detectada por el índice I_a , además el índice J_a indica la cantidad de centros de agregación presentes en cada muestreo, como estos valores no fueron significativamente diferentes a la unidad el resultado fue que las poblaciones de trips se distribuyeron en la parcela en más de un centro de agregación.

Tabla 11. Valor de los índices I_a y J_a y sus respectivas probabilidades P_a y Q_a en poblaciones de trips en la parcela 1 para los años 2014 y 2015

MES	MUESTREOS	I_a	P_a	J_a	Q_a
AÑO 2014					
Febrero	Muestreo 1	1.48	0.008s	1.12	0.129ns
	Muestreo 2	1.77	0.010s	1.15	0.276ns

Marzo	Muestreo 1	1.51	0.014s	1.28	0.205ns
	Muestreo 2	1.70	0.007s	1.21	0.341ns
Abril	Muestreo 1	1.49	0.010s	1.16	0.187ns
	Muestreo 2	1.56	0.012s	1.13	0.261ns
Mayo	Muestreo 1	1.64	0.009s	1.26	0.289ns
	Muestreo 2	1.70	0.015s	1.17	0.190ns
Junio	Muestreo 1	1.63	0.012s	1.24	0.184ns
	Muestreo 2	1.44	0.008s	1.10	0.322ns
Julio	Muestreo 1	1.48	0.011s	1.28	0.2602ns
	Muestreo 2	1.76	0.017s	1.14	0.279ns
Agosto	Muestreo 1	1.55	0.012s	1.19	0.261ns
	Muestreo 2	1.42	0.010s	1.23	0.175ns
Septiembre	Muestreo 1	1.51	0.013s	1.20	0.203ns
	Muestreo 2	1.73	0.009s	1.12	0.125ns
Octubre	Muestreo 1	1.46	0.013s	1.15	0.329ns
	Muestreo 2	1.60	0.008s	1.13	0.233ns
Noviembre	Muestreo 1	1.69	0.011s	1.26	0.152ns
	Muestreo 2	1.72	0.010s	1.24	0.199ns
Diciembre	Muestreo 1	1.66	0.008s	1.15	0.255ns
	Muestreo 2	1.44	0.010s	1.27	0.152ns
AÑO 2015					
Enero	Muestreo 1	1.60	0.014s	1.19	0.329ns
	Muestreo 2	1.43	0.010s	1.22	0.311ns
Febrero	Muestreo 1	1.78	0.008s	1.16	0.191ns
	Muestreo 2	1.45	0.006s	1.12	0.167ns
Marzo	Muestreo 1	1.58	0.011s	1.19	0.125ns
	Muestreo 2	1.40	0.014s	1.23	0.309ns
Abril	Muestreo 1	1.59	0.017s	1.14	0.288ns
	Muestreo 2	1.73	0.008s	1.16	0.194ns
Mayo	Muestreo 1	1.41	0.010s	1.23	0.122ns
	Muestreo 2	1.59	0.007s	1.27	0.207ns
Junio	Muestreo 1	1.68	0.011s	1.11	0.319ns
	Muestreo 2	1.50	0.013s	1.14	0.159ns
Julio	Muestreo 1	1.67	0.010s	1.12	0.349ns
	Muestreo 2	1.62	0.008s	1.26	0.299ns
Agosto	Muestreo 1	1.44	0.011s	1.22	0.147ns
	Muestreo 2	1.72	0.016s	1.27	0.151ns
Septiembre	Muestreo 1	1.63	0.012s	1.15	0.233ns
	Muestreo 2	1.59	0.009s	1.19	0.292ns
Octubre	Muestreo 1	1.47	0.011s	1.27	0.205ns
	Muestreo 2	1.52	0.007s	1.16	0.197ns

Parcela 2

Se puede observar que en el caso del índice I_a el valor se situó entre 1.48 y 1.77. En todos los casos el índice I_a tuvo un valor superior a 1 (tabla 12) lo que sugiere una distribución en agregados de las poblaciones de trips.

En el caso del índice J_a los valores se situaron entre 1.10 y 1.28. El valor de este índice fue superior a la unidad en todos los casos, pero no de manera significativa, aun así, reafirma que la plaga se distribuye en forma agregada.

Además, gracias a los valores del índice J_a se logró establecer que existen varios centros de agregación, ya que en todos los muestreos el valor del índice J_a no fue significativamente superior a la unidad (Tabla 12).

Tabla 12. Valor de los índices I_a y J_a y sus respectivas probabilidades P_a y Q_a en poblaciones de trips en la parcela 2 para los años 2014 y 2015.

MES	MUESTREOS	I_a	P_a	J_a	Q_a
AÑO 2014					
Febrero	Muestreo 1	1.51	0.011s	1.19	0.267ns
	Muestreo 2	1.72	0.008s	1.12	0.208ns
Marzo	Muestreo 1	1.40	0.010s	1.27	0.311ns
	Muestreo 2	1.77	0.012s	1.10	0.127ns
Abril	Muestreo 1	1.49	0.014s	1.17	0.190ns
	Muestreo 2	1.57	0.016s	1.25	0.288ns
Mayo	Muestreo 1	1.62	0.010s	1.22	0.209ns
	Muestreo 2	1.48	0.012s	1.13	0.119ns
Junio	Muestreo 1	1.75	0.007s	1.17	0.261ns
	Muestreo 2	1.56	0.009s	1.28	0.254ns
Julio	Muestreo 1	1.59	0.010s	1.11	0.322ns
	Muestreo 2	1.69	0.14s	1.16	0.277ns
Agosto	Muestreo 1	1.70	0.011s	1.23	0.128ns
	Muestreo 2	1.48	0.015s	1.20	0.193ns
Septiembre	Muestreo 1	1.67	0.006s	1.14	0.167ns
	Muestreo 2	1.60	0.015s	1.24	0.281ns
Octubre	Muestreo 1	1.54	0.010s	1.11	0.270ns
	Muestreo 2	1.69	0.013s	1.13	0.129ns
Noviembre	Muestreo 1	1.42	0.007s	1.19	0.168ns
	Muestreo 2	1.73	0.011s	1.28	0.195ns
Diciembre	Muestreo 1	1.50	0.014s	1.17	0.266ns
	Muestreo 2	1.59	0.010s	1.12	0.201ns
AÑO 2015					
Enero	Muestreo 1	1.66	0.006s	1.16	0.247ns

	Muestreo 2	1.52	0.010s	1.23	0.241ns
Febrero	Muestreo 1	1.69	0.012s	1.20	0.307ns
	Muestreo 2	1.42	0.008s	1.19	0.268ns
Marzo	Muestreo 1	1.58	0.014s	1.27	0.128ns
	Muestreo 2	1.71	0.011s	1.12	0.190ns
Abril	Muestreo 1	1.66	0.009s	1.18	0.227ns
	Muestreo 2	1.49	0.010s	1.15	0.301ns
Mayo	Muestreo 1	1.60	0.015s	1.25	0.350ns
	Muestreo 2	1.74	0.007s	1.15	0.244ns
Junio	Muestreo 1	1.63	0.011s	1.18	0.272ns
	Muestreo 2	1.77	0.013s	1.13	0.299ns
Julio	Muestreo 1	1.63	0.006s	1.28	0.262ns
	Muestreo 2	1.50	0.013s	1.23	0.279ns
Agosto	Muestreo 1	1.46	0.010s	1.19	0.177ns
	Muestreo 2	1.72	0.015s	1.21	0.323ns
Septiembre	Muestreo 1	1.65	0.008s	1.14	0.286ns
	Muestreo 2	1.49	0.013s	1.12	0.270ns
Octubre	Muestreo 1	1.57	0.011s	1.18	0.161ns
	Muestreo 2	1.69	0.009s	1.13	0.235ns

Parcela 3 (Liberación del depredador)

En la Tabla 13 se pueden observar que los valores del índice I_a se situaron entre 1.43 a 1.77. En todas las fechas de muestreo el valor del índice I_a fue superior a la unidad y de forma significativa, lo que sugiere una distribución agregada de las poblaciones de trips.

Los valores del índice J_a obtuvieron valores de 1.11 a 1.28. Los valores del índice J_a también fueron superiores a la unidad en todos los muestreos, pero no de manera significativa aun así remarca con ello la agregación detectada por el índice I_a . El índice J_a además de corroborar la agregación permite determinar los focos de agregación en que se distribuye la población del insecto. Así el resultado hallado en los muestreos mencionados sugiere que las poblaciones de trips se concentran en más de un centro de agregación.

Tabla 13. Valor de los índices I_a y J_a y sus respectivas probabilidades P_a y Q_a en poblaciones de trips en la parcela 3 para los años 2014 y 2015.

MES	MUESTREOS	I_a	P_a	J_a	Q_a
AÑO 2014					
Febrero	Muestreo 1	1.66	0.010s	1.23	0.222ns
	Muestreo 2	1.50	0.012s	1.21	0.174ns
Marzo	Muestreo 1	1.67	0.015s	1.14	0.319ns
	Muestreo 2	1.77	0.008s	1.17	0.276ns
Abril	Muestreo 1	1.52	0.011s	1.19	0.168ns
	Muestreo 2	1.63	0.016s	1.22	0.209ns
Mayo	Muestreo 1	1.49	0.008s	1.11	0.314ns
	Muestreo 2	1.70	0.011s	1.16	0.294ns
Junio	Muestreo 1	1.61	0.010s	1.24	0.124ns
	Muestreo 2	1.73	0.014s	1.28	0.277ns
Julio	Muestreo 1	1.68	0.006s	1.11	0.261ns
	Muestreo 2	1.43	0.011s	1.15	0.184ns
Agosto	Muestreo 1	1.50	0.013s	1.18	0.231ns
	Muestreo 2	1.48	0.017s	1.20	0.329ns
Septiembre	Muestreo 1	1.76	0.010s	1.13	0.288ns
	Muestreo 2	1.48	0.007s	1.15	0.190ns
Octubre	Muestreo 1	1.53	0.009s	1.27	0.244ns
	Muestreo 2	1.63	0.012s	1.22	0.301ns
Noviembre	Muestreo 1	1.44	0.015s	1.25	0.333ns
	Muestreo 2	1.73	0.009s	1.13	0.276ns
Diciembre	Muestreo 1	1.59	0.011s	1.19	0.236ns
	Muestreo 2	1.64	0.014s	1.24	0.248ns
AÑO 2015					
Enero	Muestreo 1	1.70	0.009s	1.20	0.267ns
	Muestreo 2	1.68	0.011s	1.23	0.274ns
Febrero	Muestreo 1	1.49	0.016s	1.18	0.221ns
	Muestreo 2	1.53	0.010s	1.13	0.339ns
Marzo	Muestreo 1	1.54	0.011s	1.19	0.276ns
	Muestreo 2	1.77	0.014s	1.15	0.239ns
Abril	Muestreo 1	1.64	0.008s	1.25	0.311ns
	Muestreo 2	1.75	0.011s	1.22	0.274ns
Mayo	Muestreo 1	1.69	0.017s	1.18	0.281ns
	Muestreo 2	1.55	0.015s	1.14	0.190ns
Junio	Muestreo 1	1.74	0.013s	1.11	0.250ns
	Muestreo 2	1.59	0.011s	1.9	0.83ns
Julio	Muestreo 1	1.66	0.010s	1.25	0.179ns
	Muestreo 2	1.70	0.009s	1.12	0.327ns
Agosto	Muestreo 1	1.53	0.012s	1.14	0.195ns
	Muestreo 2	1.49	0.016s	1.21	0.163ns
Septiembre	Muestreo 1	1.67	0.013s	1.23	0.209ns
	Muestreo 2	1.51	0.008s	1.28	0.177ns

Octubre	Muestreo 1	1.68	0.010s	1.18	0.280ns
	Muestreo 2	1.46	0.012s	1.14	0.343ns

Se puede observar que en todos los casos el índice I_a fue significativamente superior a la unidad en las 3 parcelas, lo que determina la presencia de una agregación en la población de trips en todos los muestreos. Este tipo de distribución ha sido detectada en trabajos como los realizados por Perry *et al.*, (1998) sobre huevos de pulgones, el trabajo de Winder *et al.*, (1999) realizado sobre las poblaciones de huevos de *S. avenae* y el de Fernández *et al.*, (2000) en los huevos de *N. brevicollis*. Con respecto al índice J_a se observó que para las 3 parcelas no fue significativamente superior a la unidad lo que nos indicó que los trips se encuentran distribuidos en varios focos de agregación dentro de las 3 parcelas estos resultados concuerdan con lo reportado Korie *et al.*, (2000) quienes trabajaron con escarabajos en avena de invierno en el Reino Unido y Holland *et al.*, (2000) quienes trabajaron con la distribución espacial de artrópodos benéficos en trigo de invierno, A este respecto, Blackshaw y Vernon (2008) determinaron la distribución espacial de *Agriotes lineatus* y *Agriotes obscurus*, en dos sitios distintos en Canadá, mediante la técnica del SADIE donde encontraron que ambas especies se distribuyen de manera agregada. Ramírez *et al.*, (2010), realizaron un estudio de la distribución espacial de las larvas del mosquito verde (*Jacobiasca lybica*), donde los valores J_a , establecieron la cantidad de centros de agregación. En cuanto a este dato, el valor J_a no fue significativamente mayor a uno, lo que permitió determinar que la distribución espacial del insecto se concentró en diferentes centros de agregación y Solares *et al.*, (2011) en estudios realizados de trips en plantaciones de aguacate encontraron que las poblaciones de este insecto se encontraban distribuidas en varios centros de agregación

6.6 ESTABILIDAD ESPACIO TEMPORAL

La comparación entre fechas de muestreo de los diferentes mapas obtenidos en cada una de las parcelas nos puede dar indicaciones de la dinámica espacio-

temporal del insecto. Más concretamente de la posibilidad de encontrar una estabilidad numérica en el espacio y el tiempo que puede abrir las puertas para la utilización de las técnicas de la agricultura de precisión en este insecto.

Parcela 1

En la Tabla 14 se muestran los resultados de la comparación de los mapas de trips entre las fechas de muestreo, utilizando la prueba estadística bivariable de Cramér-von Mises. Otra comparación entre los diferentes mapas utilizada fue el índice I_m del SADIE; si los valores de este índice son mayores que 0, esto indica que no existe diferencia significativa entre los mapas comparados.

Tabla 14. Comparación de mapas (Krigeados) con la prueba bivariable de Cramér-von Mises (Ψ). Para la parcela 1 año 2014 y 2015

MAPAS COMPARADOS	Ψ	Valor de P	Diferencia (5%)	I_m
AÑO 2014				
Feb 1 vs Feb 2	0.38	0.61	No Significativo	2.61
Feb 2 vs Mar 1	0.47	0.63	No Significativo	1.23
Mar 1 vs Mar 2	0.84	0.45	No Significativo	0.67
Mar 2 vs Abril 1	0.56	0.38	No Significativo	1.74
Abril 1 vs Abril 2	0.91	0.52	No Significativo	0.89
Abril 2 vs Mayo 1	0.72	0.49	No Significativo	2.37
Mayo 1 vs Mayo 2	0.61	0.54	No Significativo	1.06
Mayo 2 vs Junio 1	0.78	0.59	No Significativo	2.27
Junio 1 vs Junio 2	0.88	0.39	No Significativo	0.58
Junio 2 vs Julio 1	0.77	0.51	No Significativo	1.46
Julio 1 vs Julio 2	0.62	0.47	No Significativo	2.33
Julio 2 vs Agosto 1	0.48	0.60	No Significativo	1.55
Agosto 1 vs Agosto 2	0.59	0.44	No Significativo	3.19
Agosto 2 vs Septiembre 1	0.35	0.38	No Significativo	0.74
Septiembre 1 vs Septiembre 2	0.57	0.62	No Significativo	2.81
Septiembre 2 vs Octubre 1	0.69	0.46	No Significativo	1.37
Octubre 1 vs Octubre 2	0.71	0.39	No Significativo	0.63
Octubre 2 vs Noviembre 1	0.82	0.42	No Significativo	1.64
Noviembre 1 vs Noviembre 2	0.85	0.43	No Significativo	3.27
Noviembre 2 vs Diciembre 1	0.76	0.54	No Significativo	0.92
Diciembre 1 vs Diciembre 2	0.43	0.58	No Significativo	1.48

AÑO 2015

Enero 1 vs Enero 2	0.64	0.41	No Significativo	0.47
Enero 2 vs Febrero 1	0.69	0.55	No Significativo	3.70
Febrero 1 vs Febrero 2	0.76	0.58	No Significativo	1.61
Feb 2 vs Mar 1	0.49	0.51	No Significativo	0.55
Mar 1 vs Mar 2	0.68	0.59	No Significativo	3.94
Mar 2 vs Abril 1	0.42	0.61	No Significativo	2.54
Abril 1 vs Abril 2	0.86	0.39	No Significativo	0.80
Abril 2 vs Mayo 1	0.63	0.44	No Significativo	0.75
Mayo 1 vs Mayo 2	0.59	0.62	No Significativo	1.77
Mayo 2 vs Junio 1	0.83	0.51	No Significativo	3.35
Junio 1 vs Junio 2	0.77	0.38	No Significativo	1.99
Junio 2 vs Julio 1	0.63	0.44	No Significativo	2.08
Julio 1 vs Julio 2	0.86	0.48	No Significativo	0.48
Julio 2 vs Agosto 1	0.52	0.61	No Significativo	3.74
Agosto 1 vs Agosto 2	0.47	0.42	No Significativo	2.27
Agosto 2 vs Septiembre 1	0.76	0.52	No Significativo	2.58
Septiembre 1 vs Septiembre 2	0.40	0.39	No Significativo	0.57
Septiembre 2 vs Octubre 1	0.66	0.45	No Significativo	1.36
Octubre 1 vs Octubre 2	0.63	0.38	No Significativo	3.71

Valores de $I_m > 0$ indican asociación espacial

Se puede observar en la tabla anterior que los valores del índice I_m fueron mayores que 0 en todas las comparaciones tanto en el año 2015 y 2015, con estos resultados se determinaron que en todas las comparaciones es posible detectar una estabilidad espacio-temporal a corto plazo de las poblaciones de trips en los muestreos realizados. Dicha estabilidad obtenida en las comparaciones realizadas en los muestreos indican la fuerte asociación de los patrones espaciales que existió de un muestreo con otro, lo que sugiere que se careció de la formación de nuevos focos de infección de la plaga dentro de la parcela o fueron de menor importancia respecto a los puntos de infección ya establecidos.

Parcela 2

En la Tabla 15 se muestran los resultados de la comparación de los mapas de trips entre las fechas de muestreo, utilizando la prueba estadística bivariable de Cramér-von Mises. Para llevar a cabo la comparación entre los diferentes mapas se utilizó

el índice I_m del SADIE; si los valores de este índice son mayores que 0, esto indica que no existe diferencia significativa entre los mapas comparados, lo que nos indica que existe una estabilidad espacial.

Tabla 15. Comparación de mapas (Krigeados) con la prueba bivariable de Cramér-von Mises (ψ). Para la parcela 2 en el año 2014 y 2015

PARCELAS COMPARADAS	ψ	Valor de P	Diferencia (5%)	I_m
AÑO 2014				
Feb 1 vs Feb 2	0.44	0.86	No Significativo	0.94
Feb 2 vs Mar 1	0.53	0.41	No Significativo	1.28
Mar 1 vs Mar 2	0.59	0.61	No Significativo	3.50
Mar 2 vs Abril 1	0.76	0.49	No Significativo	2.17
Abril 1 vs Abril 2	0.68	0.58	No Significativo	3.78
Abril 2 vs Mayo 1	0.81	0.52	No Significativo	2.44
Mayo 1 vs Mayo 2	0.79	0.59	No Significativo	3.36
Mayo 2 vs Junio 1	0.52	0.44	No Significativo	3.03
Junio 1 vs Junio 2	0.73	0.45	No Significativo	0.37
Junio 2 vs Julio 1	0.61	0.39	No Significativo	0.63
Julio 1 vs Julio 2	0.47	0.62	No Significativo	1.68
Julio 2 vs Agosto 1	0.37	0.42	No Significativo	0.48
Agosto 1 vs Agosto 2	0.46	0.57	No Significativo	2.87
Agosto 2 vs Septiembre 1	0.71	0.54	No Significativo	2.33
Septiembre 1 vs Septiembre 2	0.57	0.48	No Significativo	1.72
Septiembre 2 vs Octubre 1	0.80	0.53	No Significativo	2.25
Octubre 1 vs Octubre 2	0.63	0.60	No Significativo	1.47
Octubre 2 vs Noviembre 1	0.85	0.41	No Significativo	2.99
Noviembre 1 vs Noviembre 2	0.74	0.47	No Significativo	2.64
Noviembre 2 vs Diciembre 1	0.89	0.56	No Significativo	1.90
Diciembre 1 vs Diciembre 2	0.70	0.46	No Significativo	0.72
AÑO 2015				
Enero 1 vs Enero 2	0.56	0.43	No Significativo	0.61
Enero 2 vs Febrero 1	0.88	0.38	No Significativo	3.52
Febrero 1 vs Febrero 2	0.67	0.62	No Significativo	1.38
Feb 2 vs Mar 1	0.49	0.43	No Significativo	0.74
Mar 1 vs Mar 2	0.51	0.55	No Significativo	1.65
Mar 2 vs Abril 1	0.60	0.61	No Significativo	2.80
Abril 1 vs Abril 2	0.73	0.44	No Significativo	3.17
Abril 2 vs Mayo 1	0.62	0.57	No Significativo	2.22

Mayo 1 vs Mayo 2	0.91	0.48	No Significativo	2.34
Mayo 2 vs Junio 1	0.37	0.39	No Significativo	1.84
Junio 1 vs Junio 2	0.42	0.58	No Significativo	0.67
Junio 2 vs Julio 1	0.55	0.63	No Significativo	0.77
Julio 1 vs Julio 2	0.39	0.49	No Significativo	1.93
Julio 2 vs Agosto 1	0.66	0.41	No Significativo	3.05
Agosto 1 vs Agosto 2	0.48	0.56	No Significativo	3.96
Agosto 2 vs Septiembre 1	0.50	0.60	No Significativo	0.76
Septiembre 1 vs Septiembre 2	0.61	0.48	No Significativo	2.91
Septiembre 2 vs Octubre 1	0.79	0.40	No Significativo	1.40
Octubre 1 vs Octubre 2	0.82	0.52	No Significativo	2.66

Valores de $I_m > 0$ indican asociación espacial

De acuerdo a los resultados de la comparación de los mapas de trips entre fechas de muestreo (Tabla 15), se halló que para todas las comparaciones el índice I_m tuvo valores mayores a 0, con esto se determinó que no existe una diferencia significativa por lo tanto es posible determinar que existe una estabilidad espacio-temporal de las poblaciones de trips en la parcela 2.

Parcela 3

En la Tabla 16 se muestran los resultados de los muestreos comparados de los mapas de trips entre las fechas de muestreo, utilizando la prueba estadística bivariable de Cramér- von Mises. Para llevar a cabo la comparación entre los diferentes mapas se utilizó el índice I_m del SADIE; si los valores de este índice son mayores que 0, esto indica que no existe diferencia significativa entre los mapas comparados.

Tabla 16. Comparación de mapas (Krigead) con la prueba bivariable de Cramér-von Mises (). Para la parcela 3 (testigo) en el año 2014 y 2015

PARCELAS COMPARADAS	Ψ	Valor de P	Diferencia (5%)	I_m
AÑO 2014				
Feb 1 vs Feb 2	0.51	0.44	No Significativo	0.79
Feb 2 vs Mar 1	0.83	0.60	No Significativo	1.06
Mar 1 vs Mar 2	0.57	0.39	No Significativo	0.46
Mar 2 vs Abril 1	0.91	0.48	No Significativo	1.42
Abril 1 vs Abril 2	0.45	0.40	No Significativo	0.36

Abril 2 vs Mayo 1	0.73	0.57	No Significativo	2.05
Mayo 1 vs Mayo 2	0.92	0.51	No Significativo	1.22
Mayo 2 vs Junio 1	0.49	0.55	No Significativo	1.96
Junio 1 vs Junio 2	0.39	0.43	No Significativo	1.67
Junio 2 vs Julio 1	0.47	0.61	No Significativo	0.57
Julio 1 vs Julio 2	0.37	0.46	No Significativo	1.11
Julio 2 vs Agosto 1	0.51	0.38	No Significativo	1.38
Agosto 1 vs Agosto 2	0.72	0.54	No Significativo	2.66
Agosto 2 vs Septiembre 1	0.66	0.39	No Significativo	1.83
Septiembre 1 vs Septiembre 2	0.44	0.54	No Significativo	1.09
Septiembre 2 vs Octubre 1	0.37	0.62	No Significativo	1.35
Octubre 1 vs Octubre 2	0.55	0.69	No Significativo	1.27
Octubre 2 vs Noviembre 1	0.91	0.84	No Significativo	2.39
Noviembre 1 vs Noviembre 2	0.59	0.55	No Significativo	1.88
Noviembre 2 vs Diciembre 1	0.63	0.45	No Significativo	1.70
Diciembre 1 vs Diciembre 2	0.88	0.40	No Significativo	2.93

AÑO 2015

Enero 1 vs Enero 2	0.35	0.57	No Significativo	1.24
Enero 2 vs Febrero 1	0.80	0.51	No Significativo	2.51
Febrero 1 vs Febrero 2	0.65	0.42	No Significativo	1.66
Feb 2 vs Mar 1	0.49	0.52	No Significativo	1.05
Mar 1 vs Mar 2	0.91	0.40	No Significativo	1.33
Mar 2 vs Abril 1	0.45	0.62	No Significativo	2.70
Abril 1 vs Abril 2	0.39	0.43	No Significativo	1.86
Abril 2 vs Mayo 1	0.42	0.59	No Significativo	2.01
Mayo 1 vs Mayo 2	0.73	0.60	No Significativo	2.59
Mayo 2 vs Junio 1	0.63	0.58	No Significativo	1.49
Junio 1 vs Junio 2	0.81	0.47	No Significativo	3.26
Junio 2 vs Julio 1	0.57	0.39	No Significativo	1.67
Julio 1 vs Julio 2	0.60	0.44	No Significativo	1.95
Julio 2 vs Agosto 1	0.67	0.45	No Significativo	2.27
Agosto 1 vs Agosto 2	0.83	0.49	No Significativo	0.74
Agosto 2 vs Septiembre 1	0.86	0.56	No Significativo	1.13
Septiembre 1 vs Septiembre 2	0.72	0.61	No Significativo	0.96
Septiembre 2 vs Octubre 1	0.58	0.59	No Significativo	2.16
Octubre 1 vs Octubre 2	0.78	0.51	No Significativo	0.85

Valores de $Im > 0$ indican asociación espacial

Se encontró que en la comparación de los mapas no existe una diferencia significativa lo cual nos indica que existe una estabilidad espacio temporal de los

trips (Tabla 16), además de que los valores del índice I_m obtuvieron valores superiores a 0. Estos valores al ser mayores que 0 nos indican que existe una asociación espacial, por lo que los trips prevalecen en la parcela durante los muestreos realizados, lo que implica en términos de manejo que se puede hacer una predicción anticipada de la ocurrencia de la plaga.

Los valores del I_m del SADIE fueron mayores que 0, indicando que existió diferencia significativa o asociación espacial entre los mapas comparados de trips, por lo que fue posible detectar una estabilidad espacio temporal a corto plazo de las poblaciones del insecto entre las fechas comparadas de cada una de las parcelas.

Los resultados con la prueba estadística bivariable de Cramér-von Mises, indican diferencia no significativa en la estabilidad espacial y temporal de corto plazo entre las fechas de muestreo para las 3 parcelas, es decir, existió estabilidad espacial y temporal en las poblaciones de trips en las 3 parcelas en cada muestreo analizado. Resultados similares fueron obtenidos por Ferguson *et al.*, (2001) los cuales encontraron que las distribuciones de los adultos y larvas de *Ceutorhynchus assimilis* estaban asociados espacialmente lo que indicó que existían una estabilidad espacio temporal. Ramírez y Porcayo (2008), encontraron valores de la prueba bivariable de Cramér-von Mises, tanto significativos como no significativos de la distribución espacial de huevecillos de *Jacobiasca lybica* en viñedos de regadío, lo cual indica que existe y no existe estabilidad espacio temporal en dicha distribución según la densidad de las poblaciones de la plaga. Solares *et al.*, (2011) determinaron la estabilidad espacial de Trips (Insecta: Thysanoptera), en dos huertas comerciales de aguacate en el municipio de Susupuato, Michoacán, en sus 10 comparaciones hechas, por lo que pudo detectar una estabilidad espacio temporal a corto plazo del insecto entre las fechas comparadas.

VII. DISCUSIÓN GENERAL

En la actualidad, la agricultura debería basarse en el uso de diferentes alternativas para control de plagas en los cultivos, esto sería de gran importancia ya que nos permitiría tener un manejo más equilibrado de las plagas. Si bien es cierto que la agricultura actualmente no se concibe sin la utilización de agroquímicos existen varios recursos de los cuales podemos echar mano para mantener un equilibrio en los ecosistemas y causar un menor impacto en los mismos. El uso del control biológico en plagas es una de las alternativas para contrarrestar los efectos que tienen los productos químicos que son dañinos y contaminan el medio ambiente.

El objetivo principal de este trabajo fue evaluar si el depredador *Orius insidiosus* tiene efectos en la reducción de las poblaciones de trips en el cultivo de aguacate y el cual como lo mostramos en los resultados tiene efectos positivos, para apoyar estos estudios se realizaron mapas de densidad los cuales muestran visualmente la reducción de las poblaciones, las medias de las poblaciones también demuestran que el número de trips baja considerablemente en el cultivo, por último se realizó una prueba estadística la cual nos indicó que existen diferencias entre las parcelas estudiadas.

Isenhour *et al.*, (1981) realizaron un estudio en el cual llegaron a conclusiones de que *Orius insidiosus* fue capaz de capturar con éxito estadios de larvas y adultos de trips en soja. Funderburk *et al.*, (2000) utilizaron al depredador *Orius insidiosus*

como controlador de las poblaciones de *Frankliniella occidentalis* y encontraron que el depredador suprimió significativamente las poblaciones de trips tanto de *Frankliniella* como de otras especies, por lo que llegaron a la conclusión de que *O. insidiosus* era un depredador eficaz que suprime las poblaciones de *Frankliniella* spp. en el pimiento de campo durante un período en que los trips fueron colonizando rápidamente. Joe F. *et al.*, (2014) llevaron a cabo un experimento en flores de pimiento en las cuales se evaluaron insecticidas sintéticos y el depredador *O. insidiosus* y encontraron que el tratamiento con insecticidas sintéticos resultó en un aumento continuo de trips, mientras que el depredador resultó eficaz ya que suprimió las poblaciones de *Frankliniella* spp. en dicho cultivo.

La aplicación de la Geoestadística en éste trabajo permitió modelizar la estructura espacial de los trips en 3 parcelas de aguacate, con modelos esféricos con efecto pepita igual a 0 en todos los casos. Los resultados obtenidos mostraron la existencia de una estructura espacial agregada, siendo el nivel de dependencia de la misma, en general, alto. Ello nos indica que el efecto pepita no fue demasiado acusado por lo que la escala de estudio fue la adecuada y el error de muestreo no fue demasiado importante (Oliver y Webster, 1991; McBratney y Pringle, 1999). Biológicamente esto implica que al conocer el comportamiento espacial de la plaga se puede plantear su manejo, por lo tanto, en este trabajo se planteó utilizar un agente depredador de trips para controlar las poblaciones de dicha plaga, obteniendo resultados positivos al tener disminución en las poblaciones de trips que fueron estadísticamente significativas. Al respecto de la estructura espacial Weisz *et al.*, (1996) mencionan que, debido a la movilidad innata de los insectos adultos, la estructura espacial hallada debe de considerarse “dinámica”. Si bien compartimos lo anterior plenamente, debemos señalar que las características del insecto pueden matizar el “dinamismo” de la estructura espacial.

La utilización de técnicas geoestadísticas permite la elaboración de mapas. Los mapas resultantes de esta tarea pueden conducir al manejo con precisión de plagas (Rong *et al.*, 2006). Este manejo tiene el potencial de reducir el uso de insecticidas y de retardar el desarrollo de la resistencia debido a la creación de refugios

temporales dinámicos (Fleischer *et al.*, 1999b). La utilización de mapas de distribución de insectos plaga con el objeto de dirigir medidas de control sobre áreas realmente infestadas fue realizado inicialmente por Weisz *et al.*, (1996) sobre el escarabajo colorado de la papa. El trabajo fue llevado a cabo en tres zonas y en cada una de ellas se realizaron tres muestreos en fechas diferentes de adultos, larvas pequeñas y larvas grandes. Con los datos recolectados elaboraron los mapas, considerando como marca de inicio de aplicación de insecticidas las zonas en las cuales el insecto sobrepasaba el umbral de daño económico que ellos habían establecido con anterioridad. Los autores indican, además, que estos mapas pueden llegar a ser de gran ayuda en el manejo con precisión de insectos plaga, proporcionando una herramienta para obtener ahorros económicos al reducir la cantidad de insecticida u otros productos a utilizar.

En este trabajo se realizaron mapas para las diferentes fechas de muestreo de trips. Los mapas generados han mostrado claramente la existencia de zonas de densidad variable, lo que permite la posibilidad de aplicación localizada de medidas de control hacia las áreas con mayor infestación dentro de la parcela.

La determinación de áreas libres de infestación dentro de las parcelas estudiadas se ha llevado a cabo en diferentes estudios tales como Ramírez y Porcayo (2008), quienes obtuvieron mapas con áreas libres de infestación de *Jacobiasca lybica* en viñedos. El conocimiento de las áreas infestadas de *B. cockerelli* permite precisar el posible ahorro económico obtenido con la implementación de estrategias de control dirigidas a los centros de agregación (Sciarretta *et al.*, 2001). Ramírez *et al.*, (2011) quienes reportaron que la distribución espacial de *B. cockerelli* en *Solanum tuberosum* tenía una estructura agregada y que el insecto no invadió el 100% de la superficie de la parcela, permitiendo identificar áreas infestadas y libres de infestación.

En cuanto al Análisis Espacial por Índices de Distancia (SADIE) es un índice que tienen la gran ventaja sobre los estudiados con anterioridad ya que tienen en cuenta la localización espacial de la muestra, además de ser más intuitivos y biológicos que los índices no espaciales (Perry, 1995a, b).

Los resultados obtenidos con estos índices (I_a y J_a) mostraron en todos los casos una estructura espacial agregada de trips. El índice J_a también indica si la estructura espacial agregada se encuentra dispuesta en uno o varios centros de agregación. En nuestro estudio encontramos en la mayoría de los casos la existencia de varios centros de agregación. No encontramos ninguna tendencia de que los trips tuviesen una mayor propensión a estar distribuido en varios centros de agregación. Este hecho se corrobora al observar los mapas elaborados con las Geoestadística y ver que en los mencionados casos los focos unitarios de agregación se encuentran en el centro, bordes o muy cerca de los mismos.

En el caso de la utilización del SADIE para establecer el tipo de distribución de este insecto sería interesante en trabajos posteriores analizar el patrón espacial con datos a diferentes escalas y a través de diversos períodos de tiempo, tal y como lo sugiere de forma general para el comportamiento espacial de insectos Perry (1998), Ferguson *et al.*, (2001) y Thomas *et al.*, (2001). De esta manera se podrían comparar los resultados obtenidos y conocer con mayor detalle la distribución de trips y las bondades del método.

VIII. CONCLUSIONES

1. El depredador *Orius insidiosus* tiene efecto positivo en la regulación de las poblaciones de trips dentro de la parcela donde fue liberado.
2. El depredador se estableció dentro del cultivo, ya que estuvo presente meses después de su liberación
3. Existe una relación directa entre el estado fenológico del cultivo y la densidad poblacional de los trips, teniendo mayor infestación en épocas de floración del aguacate.
4. Los métodos espaciales (Geoestadística y SADIE) demostraron ser eficaces para establecer el comportamiento espacial de las poblaciones de trips en el cultivo de aguacate.
5. La aplicación de la Geoestadística permitió modelizar la estructura espacial del insecto plaga con modelos esférico y gaussiano con efecto pepita igual a cero en todos los casos.
6. Los resultados obtenidos con las técnicas Geoestadísticas mostraron la existencia de una estructura espacial agregada, teniendo un nivel de dependencia espacial alta.

7. Los análisis con SADIE presentaron un patrón espacial agregado con las poblaciones distribuidas en varios centros de agregación.
8. Utilizando el krigado se lograron establecer mapas de distribución espacial de los trips en el cultivo de aguacate en el municipio de Coatepec Harinas Estado de México.
9. Con base en los resultados obtenidos sería viable utilizar las técnicas de la agricultura de precisión para realizar un manejo dirigido hacia las poblaciones de trips en zonas específicas de infestación.
10. Con la utilización de las técnicas de la agricultura de precisión en combinación con depredadores naturales se podría obtener ahorros económicos y medio ambientales al reducirse el uso de insecticidas, por el hecho de dirigir específicamente las medidas de control.

IX. BIBLIOGRAFIA

- Alston, R. 1996. Statistical analysis of animal populations. Thesis PhD thesis, University of Kent. UK
- Ascensión B, G., Bravo M, H., González H, H., Johansen N, R., y Becerril R, A. 1999. Fluctuación poblacional y daño de trips en aguacate C.V. Hass. Rev. Chapingo. Serie Horticultura 5: 291-296.
- Anderson, T. 1971. The Statistical analysis of time series, Jhon Wiley, New York.
- Blom, E. y Fleisher, S. 2001. Dynamics in the spatial structure of *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae). *Environ. Entomol.* 30 (2): 350-364.
- Boiteau, G., Bradley, J., Van duyn, J. Y Stinner, R. 1979. Bean leaf beetle: micro spatial patterns and sequential sampling of field populations. *Environ. Entomol.* 8: 1139-1104.
- Bohan, D; Bohan, A; Glen, D; Symandson, W; Wiltshire, C. y Hughes, L. 2000. Spatial dynamics of predation by Carabid beetles on Slugs. *Journal of Animal Ecology.* 69: 367- 379.
- Brandhorst – Hubbard, J., Flanders, K., Mankin, R., Guertal, E. y Crocker, R. 2001. Mapping of soil insect infestations sampled by excavation and acoustic methods. *J. Econ. Entomol.* 94 (6): 1452 – 1458.

- Brenner, R.; Focks, D.; Arbogast, R.; Weaver, D. y Shuman, D. 1998. Practical use of spatial analysis in precision targeting for integrated pest management. *American Entomologist*. 79-101.
- Cambardella, C., Moorman, T., Novak, J., Parkin, T., Karlen, D., Turco, R. y Konopka, A. 1994. Field scale variability of soil properties in central Iowa soils. *Soil. Sci. Soc. Am. J.* 58, 1501-1511.
- Castela, J., Jourdain, D., Trebuil, G. y Napompeth, B. 1999. A systems approach to understanding obstacles to effective implementation of IPM in Thailand: Key issues for the cotton industry. *Agric. Ecosyst. Environ.* 72 (1): 17-34.
- Coria, A. V. M. 1993. Principales plagas del aguacate en Michoacán Folleto para productores Núm. 19. SAGAR. INIFAP.
- Chica Olmo, M., Delgado García, J. y Pardo Igúzquiza, E. 1995. Introducción al análisis Geoestadístico de variables espaciales. Omega. Logroño. 308 Pp.
- Chilés, J. y Delfiner, P. 1999. *Geostatistics: Modeling spatial uncertainty*. John Wiley & Sons, Nueva York. 695 Pp
- Elina M., Dinorah L. Y Orlando R. 2010. Ciclo de vida de *Orius insidiosus*, efectividad sobre trips y sensibilidad a bioplaguicidas. Instituto de investigaciones de sanidad vegetal la Habana Cuba.
- Englund, E. y Sparks, A. 1988. GEO-EAS (*Geostatistical Environmental Assessment Software*) *User's Guide*. U.S. Environmental protection agency document EPA/600/4-88/033. Environmental Monitoring Systems Laboratory, Las Vegas, NV, USA.
- Estrada, A. 1998. Geostatistics and remote sensing as predictive tools of tick distributions: a cokriging system to estimate *Ixodes scapularis* (Acari: Ixodidae)

Habitat suitability in the United States and Canada from advanced very high resolution radiometer satellite imagery. *J. Med. Entomol.* 35(6): 989-995.

Esquivel, H. V.; Jasso, G.Y. 2014. Distribución espacial y mapeo de gusano soldado en seis localidades del Estado de México, en el año 2011. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas.* 5: 923-935.

Faleiro, J., Kumar, A. y Rangnekar, P. 2002. Spatial distribution of red palm weevil *Rhynchophorus ferrugineus* Oliv. (Coleoptera: Curculionidae) in coconut plantations. *Crop Protection* 21: 171-176.

Ferguson, W; Klukowski, Z; Walczak, B; Perry, J; Mugglestone, M; Clark, S. y WILLIAMS, I. 2001. The spatio-temporal distribution of adult *Ceutorhynchus assimilis* in a crop of winter oilseed rape in relation to the distribution of their larvae and that of the parasitoid *Trichomalus perfectus*. *Entomol. Experimentalis et Applicata.* 95: 161 – 171.

Fernández, A; Griffiths, J. Y Thomas, G. 2000. DENSITY, Distribution and dispersal of the carabid beetle *nebria brevicollis* in two adjacent cereal fields. *ann. appl. biol.* 137: 89-97.

Fisher, J. B., y Davenport, T.L. 1989. Structure and development of Surface deformation on avocado fruits. *HortScience* 24:841-844.

Funderburk, J., Stavisky, J., & Olson, S. (2000). Predation of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) in field peppers by *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae). *Environmental Entomology*, 29(2), 376-382.

González, H.; Sosa, C.; González, M.; Valle De La Paz, A. 1998. Selección del color de trampas adhesivas para muestreo de trips en el cultivo de aguacate (*Persea americana* Mill.). p. 209-210. En: Avances de investigación, 1997. Instituto de Fitosanidad, Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.

González H, H., Johansen, R., Gasca, L., Equihua, A., Salinas, A., Estrada, E., Duran, F. y Valle, A. 2000. Plagas del aguacate. En: Téliz., D. (cd). El Aguacate y su Manejo Integrado. Ediciones Mundi Prensa. México, DF. pp: 177-186.

- Goovaerts, P. 1997. *Geostatistics for natural resources evaluation*. Oxford university press, Nueva York. 483 Pp.
- Hall, D., Childers, C., Eger, E. y Allen, J. 1997. Citrus rust mite (Acari: Eriophidae) counts on fruit and the negative binomial distribution. *Florida Entomologist*. 80 (1). 1-10.
- Hernández, H. G., Ramos, A. M., De la Paz, A. V., y González-Ríos, M. 1999. Selección de trampas de color y fluctuación poblacional de trips del aguacate en Michoacán, México. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 5, 287-290.
- Hevesi, J., Istok, J. y Flint, A. 1992. Precipitation estimation in mountainous terrain using multivariate geostatistics. Part. I. Structural analysis. *Journal of Applied Meteorology*. 31 (7): 661 – 676.
- Hoddle, M. S. 2002. Developmental and reproductive biology of *Scirtothrips perseae* (Thysanoptera: Thripidae): a new avocado pest in California. *Bulletin of entomological research*, 92(04), 279-285.
- Hofmann – Wellenhof, B., Lichtenegge, H. y Collins. 1994. GPS Theory and practice Editorial Springer – Verlag Wien. New York. Tercera edición revisada.
- Holland, M; Winder, L. y Perry, J. 2000. The impact of dimethoate on spatial distribution of beneficial arthropods in winter wheat. *Ann. Appl. Biol.* 136: 93 - 105.
- Houlding, S. W. 2000. *Practical geostatistics: Modeling and spatial analysis*. Springer- verlag, Berlin. 159 Pp.
- Hulbert, S. 1990. Spatial distribution of the montane unicorn. *Oikos*. 58: 257 – 71.
- Isaaks, E. Srivastava, M. 1988. Spatial continuity measures for probabilistic and deterministic geostatistics. *Mathematical Geology*. 20(4): 313 – 341.
- Isaaks, E. H. y Srivastava; R: M: 1989. *An introduction to applied geostatistics*. Oxford university press, Nueva York. 561 Pp.

- Isenhour, D. J., & Yeargan, K. V. (1981). Predation by *Orius insidiosus* on the soybean thrips, *Sericothrips variabilis*: effect of prey stage and density. *Environmental Entomology*, 10(4), 496-500.
- Jervis, M, y Kidd, N. 1996. Phytophagy. In *Insect Natural Enemies*(pp. 375-394). Springer Netherlands.
- Johansen, R. M.; Mojica-Guzmán, A. 1997. Importancia agrícola de thrips. pp: 11-18. In: Manual sobre Entomología y Acarología Aplicada. Memorias del Seminario/Curso Introducción a la Entomología y Acarología Aplicada. Mayo 22 al 24, UAEP-SME, Puebla, Puebla. México.
- Johansen, R., Mojica G., y Ascensión, B. 1999. Introducción al conocimiento de los insectos tisanópteros mexicanos, en el aguacatero (*Persea americana* Miller). *Rev. Chapingo Ser. Horticultura* 5 (Núm. Esp.): 279-285.
- Journel, A. y Huijbregts, C. J. 1978. *Mining geostatistics*. Academic Press, London, Reino Unido. 600 Pp.
- Journel, A. G. 1986. Geostatistics, models and tools for the earth sciences, *Math. Geol.* 18(1): 119-140.
- Krige, D. 1951. A statistical approach to some basic mine valuation problems on the Witwaersrand. *J. Chem. Metall. Min. Soc. S. Afr.* Dec. 1951. 47-67.
- Kuno, E. 1991. Sampling and analysis of insect populations. *Annu. Rev. Entomol.* 36: 285 – 304.
- Lewis, T. 1973. Thrips, their biology, ecology and economic importance. *Thrips, their biology, ecology and economic importance*.
- Liebhold, M., Rossi, E. y Kemp, P. 1993. Geostatistics and Geographic Information Systems in applied Insect Ecology. *Annu. Rev. Entomol.* 38: 303-327.

- Liebhold, A. y Sharov, A. 1998. Testing for correlation in the presence of spatial autocorrelation in insect count data. *Population and community Ecology for insect management and conservation*. Pp. 1 – 117.
- Manuel D. Salazar-Solis. 2003 Importancia del uso adecuado de agentes de control biológico. *Acta universitaria*, vol. 13 pp 29.35.
- Matheron, G. 1962. *Traite de geostatistique appliquee*, tome 1 and 2, Memoires du bureau de recherches Geologiques Et minieres, Tecnip, Paris, 1962-3.
- Mazza, S., Contreras, G., Videla, M., Polak, J., Schroeder. y Tannure, C. 1996. Técnicas de muestreo para la evaluación de infestación por pulgones (*Aphis gossypii*) en algodón (*Gossypium hirsutum*). Reunión de Comunicaciones Científicas y Tecnológicas SGCYT-UNNE. *Actas 3(5)*: 1-4.
- Mcbratney, A. y Pringle, M. 1999. Estimating average and proportional variograms of soil properties and their potential use in precision agriculture. *Precision Agriculture*. 1: 125- 152.
- Midgarden, D; Youngman, R. y Fleischer, S. 1993. Spatial Analysis of counts of Western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) Adults on yellow sticky traps in corn: Geostatistics and dispersion indices. *Environmental Entomology*. 22(5): 1124-1123
- Moral, F. 2004. Analysis of the Spatio-temporal Distribution of *Helicoverpa armiguera* in a Tomato Field using a Stochastic Approach. *Biosystems Engineering*. 93 (3): 253-259.
- Nowierski, R. y Gutierrez, A. 1986. Microhabitat distribution and spatial dispersion pattern of the walnut aphid, *Chromaphis juglandicola* (Homoptera: Aphididae), in California. *Environm. Entomol.* 15: 555- 561.
- Oliver, M. y Webster, R. 1991. How geostatistics can help you. *Soil use and management*. 7 (4): 206 – 217.

- Perry, J. 1995 b. Spatial Analysis by distance indices. *Journal of Animal Ecology*. 64: 303 -314.
- Perry, J; Bell, E; Smith, R. y Woiwod, I. 1996. SADIE. Software to measure and model spatial pattern. *Aspects of Applied Biology*. 46: 95- 102.
- Perry, J. N. y Hewitt, M. 1991. A new index of aggregation for animal counts. *Biometrics*. 47: 1505 – 1518.
- Perry, J. 1995 a. Spatial aspects of animal and plant distribution in patchy farmland habitats. In *Ecology and Integrated Farming Systems*. Eds. D. M. Glen, M. A. Greaves, H. M. Anderson. Chichester, England .Wiley. 221 – 242 Pp.
- Perry, N. y Klukowsky, Z. 1997. Spatial distributions of counts at the edges of sample areas. VI Conferencia de la sociedad de biometría. Córdoba, España. Pp. 103- 108.
- Ramírez, J., González, J., Ocete, R. Y López, M. 2002. Descripción geoestadística de la distribución espacial de los huevos del mosquito verde *Jacobiasca lybica* (Bergevin y Zanon) (Homoptera: Cicadellidae) en viñedo: modelización y mapeo. *Bol. San. Veg. Plagas*. 28: 87-95.
- Ramírez, J. Porcayo, E. y Sánchez, J. 2011. Análisis de la distribución espacial de *Bactericera cockerelli* Sulc (Hemiptera: Triozidae) en *Solanum tuberosum* L. en Donato Guerra, México. *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle*. 12 (1): 12-24, 2011.
- Rivoirard, J., Simmonds, J., Foote, K., Fernandez, P. y Bez, N. 2000. Geostatistics for estimating fish abundance, Blackwell science, Oxford. 206 Pp.
- Rong, J., Dian-mo, L., Bao-yu, X., Zhe, L y Dong-li, M. 2006. Spatial distribution of oriental migratory locust (Orthoptera: Acrididae) egg pod populations: Implications for site-specific pest management. *Environmental Entomology*, 35: 1244-1248.
- Rodríguez. S. F. 1992. El aguacate. Editorial AGT Editor, S. A. México. D.F. 167 pp.

- Rodríguez B. ILSA. 1998. Efectos de cuatro dietas sobre el desarrollo y la capacidad de oviposición de *Orius insidiosus* (Poppius) (Hemiptera: Anthocoridae). Instituto de Control Biológico. Academia China de Ciencias Agrícolas, Pekin, China.
- Rosii, R. Mulla, J. Journel, G. y Franz, H. 1992. Geostatistical Tools for Modeling And interpreting Ecological Spatial Dependence. *Ecological Monographs*. 62(2): 277-314.
- Ruesink, W. 1980. Introduction to sampling theory. Pp 61-78. In M. Kogan and D. Herzo. Eds. Sampling methods in soybean entomology. Sprigenger Verlag, New York.
- Salgado, S. M. L. 1993. Problemas fitosanitarios del aguacate en Coatepec Harinas. *Memorias Centro de Investigaciones científicas y tecnológicas del aguacate en el Estado de México*. Pp, 191-212.
- Samper, F. y Carrera, J. 1996. *Geoestadística: Aplicaciones a la Hidrología subterránea*. 2ª Ed. Centro Internacional de Métodos en Ingeniería. Barcelona. 484 Pp.
- SAGARPA. 2014. Secretaria de Agricultura, Ganaderia, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentacion Consultado 2014:(<http://www.gob.mx/sagarpa>)
- Sawyer, J. 1989. Inconstancy of taylor's b: simulated sampling with different quadrat sizes and spatial distributions. *Res. Popul. Ecol.* 31: 11-24.
- Sciarretta, A.; Trematerra, P. y Baumgärtner. 2001. Geostatistical análisis of cydiafunebrana (Lepidoptera: Tortricidae) Pheromone trap catches at two spatial scales. *American Entomologist*. 47(3): 174-184.
- SIAP. 2014. *Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera*. SIAP. <http://www.siap.gob.mx/> (Consulta: 28 de mayo 2016).
- Solares Alonso, V. M., Ramírez Dávila, J. F., y Sánchez Pale, J. R. 2011. Distribución espacial de trips (Insecta: Thysanoptera) en el cultivo de aguacate

(*Persea americana* Mill.). *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle*, 12(2), 1-12.

Solares, A. V. M.; Ramírez, D. J. F.; Sánchez, P. J. R. 2013. Distribución Espacial de trips (Insecta: thysanoptera) en el cultivo de aguacate (*Persea americana* mill.). *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle*. 12 (2): 1-12.

Sosa, T. C. M. 1998. Thrips (Insecta: Thysanoptera) asociados al cultivo del aguacate (*Persea americana* Mill) cultivar Hass en tres municipios del estado de michoacán. Tesis de Licenciatura. UNAM, Campus Iztacala. 52 p.

Speight, M., Hails, R., Gilbert, M. y Foggo, A. 1998. Horse chestnut scale (*Pulvinaria Regalis*) (Homoptera: Coccidae) and urban host tree environment. *Ecology*. 79(5): 1503- 1513.

Stiling, P. 1993. Why do natural enemies fail in classical biological control programs?. *American Entomologist*, 39(1), 31-37.

Taylor, L. 1961. Aggregation, variance and the mean. *Nature*. 189: 732- 735.

Taylor, L., Taylor, R., Woiwod, I. y Perry, J. 1983. Behavioural dynamics. *Nature*. 303: 801- 4.

Taylor, L., Taylor, R., Woiwod, I. y Perry, J. 1983. Behavioural dynamics. *Nature*. 303: 801- 4.

Taylor, L. 1984. Assessing and interpreting the spatial distributions of insect populations. *Annu. Rev. Entomol.* 29: 321- 357.

Téliz, D., y Marroquín, F. 2007. Importancia histórica y socioeconómica del aguacate. Mundi-Prensa. México. p. 1-28.

Thomas, G; Parkinson, L; Griffiths, K; Fernandez, G. y Marshall, J. 2001. Aggregation and Temporal Stability of Carabid Beetle Distributions in Field and Hedgerow habitats. *Journal of Applied Ecology*. 38 : 100-116.

- Trumble, J., Oatman, E. y Voth, V. 1983. Temporal variation in the spatial dispersion patterns of aphids (Homoptera: Aphididae) infesting strawberries. *Environ. Entomol.* 12: 595- 598.
- Wallace, M. K. y Hawkins, D.M. 1994. Applications of Geostatistics in Plant Nematology. *Journal of Nematology.* 26(4S): 626 – 634.
- Weber, L. y Tiwari, A. 1995. DGPS Architecture Based on Separating Error Components, Virtual Reference Station and FM Subcarrier Broadcast. *Proc ION Annual Meeting.*
- Weisz, R.; Fleischer, S. y Smilowitz. 1996 a. Site- specific integrated pest management for high value crops: Sample units for map generation using the Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) as a model system. *J. Econ. Entomol.* 88: 1069 – 1080.
- Winder, L; Perry, J. y Holland, J. 1999. The spatial and temporal distribution of the grain aphid *Sitobionavenae* in winter wheat. *Entomologia Experimentaliset Applicata.* 93: 227- 290.

