

COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO
POSTGRADO DE FITOSANIDAD
ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA

**“DISPOSICIÓN ESPACIAL DE
Bactericera cockerelli (Sulc)
(HEMIPTERA:Triozidae) EN *Physalis ixocarpa* Brot.”**

LEONARDO ABDIEL CRESPO HERRERA

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

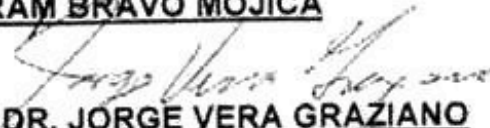
2008


La presente tesis titulada: **DISPOSICIÓN ESPACIAL DE *Bactericera cockerelli* (Sulc) (HEMIPTERA:Triozidae) en *Physallis ixocarpa* Brot.** realizada por el alumno Leonardo Abdiel Crespo Herrera, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para la obtención del grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS
FITOSANIDAD
ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA**

CONSEJO PARTICULAR


CONSEJERO: DR. HIRAM BRAVO MOJICA


DIRECTOR DE TESIS DR. JORGE VERA GRAZIANO


ASESOR: DR. JOSÉ LÓPEZ COLLADO


ASESOR: DR. ROBERTO ALEJANDRO REYNA ROBLES


ASESOR: DR. AURELIANO PEÑA LOMELI

Montecillo, Texcoco, Estado de México, octubre de 2008

**DISPOSICIÓN ESPACIAL DE *Bactericera cockerelli* (Sulc) (HEMIPTERA:Triozidae)
en *Physalis ixocarpa* Brot.**

**Leonardo Abdiel Crespo Herrera
Colegio de Postgraduados, 2008**

RESUMEN

Physalis ixocarpa es uno de los cultivos más importantes en México, y es hospedero de una amplio rango de plagas, entre ellas *Bactericera cockerelli*. Este insecto ha tomado gran relevancia en México desde 1997; existen reportes que señalan hasta un 45 % de daños producidos por esta plaga debido a la transmisión de la Enfermedad del Permanente del Tomate. Sin embargo, no existen programas de muestreo para la plaga en cuestión. Por esta razón se determinó la disposición espacial de *Bactericera cockerelli* en tres parcelas experimentales en Texcoco, México. Se emplearon los parámetros de la varianza/media y la Ley de la Potencia de Taylor (LPT), además se obtuvieron mapas de superficie de respuesta de la plaga; los datos fueron analizados con el programa SUPRA para obtener los parámetros de la LPT, la relación varianza/media y los mapas de superficie de respuesta; se evaluaron los colores azul, amarillo, naranja y verde neón de trampas pegajosas para la captura de adultos. Los resultados obtenidos muestran que los huevos y ninfas presentan una disposición agregada, mientras que los adultos son altamente móviles dentro del campo. Los estados biológicos presentan diferentes patrones de distribución en las parcelas. También se evaluaron diferentes colores de trampas pegajosas para la captura de adultos.

Palabras clave: tomate de cáscara, salerillo, ley de Taylor, relación varianza/media

**SPATIAL DISTRIBUTION OF *Bactericera cockerelli* (Sulc) (HEMIPTERA: Triozidae)
on *Physalis ixocarpa* Brot.**

**Leonardo Abdiel Crespo Herrera
Colegio de Postgraduados, 2008**

ABSTRACT

Green tomato (*Physalis ixocarpa*), one of the most important crops in Mexico, is host of a large number of pests including *Bactericera cockerelli*. This insect has increased its importance as a main pest since 1997, especially to Solanaceous crops. It can cause up to 45 % of indirect damage to tomato (*Lycopersicon esculentum*), due to its role as vector of Permanent Tomato Disease. Management of this pest can be facilitated through sampling plans. However, no sampling procedure has been reported so far and the knowledge about the spatial distribution of this pest is lacking as well. Therefore, the objective of this study was to determine the spatial distribution of *Bactericera cockerelli* and to display populations on a spatial scale by using surface-response maps. Observations were recorded from adults, eggs, and nymphs by inspecting four buds every three meters along the grooves and every three grooves (3.6 m) in each of the three fields in Texcoco, México, for nine weeks, from April 16 to June 12, 2007. Spatial distribution was estimated with the Taylor's Power Law model and visual representation of densities was obtained by constructing surface response maps with the SUPRA software. Four colors: blue, yellow, neon green and neon orange, were used for catching adults using cylindrical-sticky traps. The results showed that eggs and nymphs were aggregated while adults had a high dynamics of movement under field conditions. The Taylor's Power Law showed variable patterns for each pest stadium. The neon green coloured sticky trap was found most efficient for capturing adults.

Key words: husk tomato, potato psyllid, Taylor's power law, variance/mean ratio

AGRADECIMIENTOS

A los trabajadores del pueblo de México, quienes con su trabajo permitieron, a través del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología la elaboración de este trabajo.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

Al Colegio de Postgraduados, particularmente a todas las personas que laboran en el Programa de Entomología y Acarología.

A los integrantes de mi consejo particular: Dr. Hiram Bravo Mojica, Dr. Jorge Vera Graziano, Dr. José López Collado, Dr. Roberto Reyna Robles y Dr. Aureliano Peña Lomelí. Quienes siempre me apoyaron para realizar este proyecto, con observaciones y sugerencias. Les agradezco el tiempo invertido, el buen talante con el que me ayudaron a trabajar durante esta investigación y por supuesto sus enseñanzas.

A todos los profesores que contribuyeron en mi formación, quienes a diario compartieron experiencia y conocimiento. Gracias a su trabajo, dedicación y paciencia se hace posible la transmisión de conocimientos en esta institución.

Al área de Entomología Agrícola y ex compañeros de la misma: Dr. Néstor Bautista, Oscar Morales, Claudio Chavarín y Lauro Soto. De donde igualmente, adquirí conocimiento muy valioso.

DEDICATORIA

A mis padres, Leonardo Crespo y Luminosa Herrera

A mis hermanos, Tedy, Isamar y Divina

A mis amigos, Mario, Eric, Marco y Carlos

CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE CUADROS.....	IX
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. ANTECEDENTES.....	1
1.2. OBJETIVOS.....	2
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1. TOMATE (<i>PHYSALIS IXOCARPA</i> BROT.).....	3
2.1.1. Producción nacional.....	3
2.1.2. Plagas asociadas al tomate de cáscara.....	7
2.2. EL PULGÓN SALTADOR (<i>BACTERICERA COCKERELLI</i> SULC) (HEMIPTERA: TRIOZIDAE).....	7
2.2.1. Historia de <i>B. cockerelli</i> (Sulc).....	7
2.2.2. Daños.....	8
2.2.3. Biología de <i>B. cockerelli</i>	9
2.2.4. Hospederos.....	12
2.3. MUESTREO.....	12
2.3.1. Desarrollo de planes de muestreo.....	13
2.3.2. Métodos de muestreo.....	15
2.4. DISPOSICIÓN ESPACIAL.....	17
2.4.1. Tipos de disposición espacial.....	18
2.4.2. Índices de agregación.....	20
2.4.3. Análisis espacial mediante índices de distancias.....	23
2.4.4. Análisis espacial mediante mapas de superficie de respuesta.....	24
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
3.1. ESTUDIO PRELIMINAR.....	25
3.1.1. Evaluación de trampas.....	25
3.1.2. Disposición espacial.....	26
3.2. ESTUDIO FINAL.....	27
3.2.1. Disposición espacial.....	27
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	29
4.1. ESTUDIO PRELIMINAR.....	29
4.1.1. Trampeo de adultos de <i>B. cockerelli</i> con diferentes colores de trampas.....	29
4.1.2. Disposición espacial.....	32
4.2. ESTUDIO FINAL.....	37
4.2.1. Disposición espacial de <i>B. cockerelli</i>	37
5. CONCLUSIONES.....	57
6. BIBLIOGRAFÍA.....	58

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. PARTICIPACIÓN PORCENTUAL DE LA SUPERFICIE SEMBRADA DE LOS ESTADOS PRODUCTORES DE TOMATE DE CÁSCARA. FUENTE: SIACON, 2005.....	3
FIGURA 2. SUPERFICIE SEMBRADA DE TOMATE DE CÁSCARA. FUENTE: ELABORACIÓN CON DATOS DE SIACON, 2005.....	4
FIGURA 3. VOLUMEN DE PRODUCCIÓN DE TOMATE DE CÁSCARA. FUENTE: ELABORADO CON DATOS DE SIACON, 2005.....	5
FIGURA 5. SUPERFICIE DE RESPUESTA DE NINFAS DE B. COCKERELLI EN DOS FECHAS. TLAYACAPAN, MOR.....	35
FIGURA 6. SUPERFICIE DE RESPUESTA DE ADULTOS DE B. COCKERELLI EN TRES FECHAS. TLAYACAPAN, MOR.....	36
FIGURA 7. SUPERFICIE DE RESPUESTA DE ADULTOS EN LAS FECHAS ANALIZADAS DEL LOTE X-3, CHAPINGO, MÉXICO.....	40
FIGURA 8. VISTA DEL LOTE X-3, CHAPINGO, MÉXICO.....	41
FIGURA 9. SUPERFICIE DE RESPUESTA DE ADULTOS EN LAS FECHAS ANALIZADAS DEL LOTE CHAPINGO, CHAPINGO, MÉXICO.....	42
FIGURA 10. VISTA DEL LOTE CHAPINGO, CHAPINGO, MÉXICO.....	43
FIGURA 11. SUPERFICIE DE RESPUESTA DE ADULTOS EN LAS FECHAS ANALIZADAS DEL LOTE SN. MARTÍN, CHAPINGO, MÉXICO. LA ZONA GRIS NO FUE MUESTREADA.....	43
FIGURA 12. VISTA DEL LOTE SN. MARTÍN, CHAPINGO, MÉXICO.....	44
FIGURA 13. SUPERFICIE DE RESPUESTA DE HUEVOS DEL LOTE X-3, CHAPINGO, MÉXICO.....	47
FIGURA 14. SUPERFICIE DE RESPUESTA DE HUEVOS DEL LOTE SAN. MARTÍN, CHAPINGO, MÉXICO.....	48
FIGURA 15. SUPERFICIE DE RESPUESTA DE HUEVOS DEL LOTE CHAPINGO, CHAPINGO, MÉXICO.....	49
FIGURA 16. SUPERFICIE DE RESPUESTA DE NINFAS DEL LOTE X-3, CHAPINGO, MÉXICO.....	50
FECHA 17. SUPERFICIE DE RESPUESTA DE NINFAS DEL LOTE SN. MARTÍN, CHAPINGO, MÉXICO.....	51
FIGURA 18. SUPERFICIE DE RESPUESTA DE NINFAS EN LAS FECHAS ANALIZADAS DEL LOTE CHAPINGO, CHAPINGO, MÉXICO.....	52

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1. PRODUCCIÓN EN TON/HA DE LOS PRINCIPALES ESTADOS PRODUCTORES DE TOMATE DE CÁSCARA.....	6
CUADRO 2. REGIONES PRODUCTORAS DE SOLANACEAS AFECTADAS POR B. COCKERELLI.....	9
CUADRO 3. TIEMPO PROMEDIO DE DESARROLLO (D) DE B. COCKERELLI A DIFERENTES TEMPERATURAS.	10
CUADRO 4. SIGNIFICANCIA ESTADÍSTICA DE EFECTOS PRINCIPALES (COLOR Y FECHA DE MUESTREO), ASÍ COMO SU INTERACCIÓN.....	29
CUADRO 5. SIGNIFICANCIA DE COLORES PARA LAS FECHAS DE MUESTREO INDICADAS.....	30
CUADRO 7. MEDIA DE CAPTURAS POR COLOR DE TRAMPA Y FECHA DE CAPTURA.	30
CUADRO 8. CONTRASTE DE CADA COLOR DE TRAMPA CONTRA EL RESTO POR CADA FECHA.....	31
CUADRO 9. PARÁMETROS OBTENIDOS DE ACUERDO CON LA LEY DE LA POTENCIA DE TAYLOR.....	32
CUADRO 10. RELACIÓN VARIANZA/MEDIA DE ADULTOS Y LOS COMPONENTES DEL ANÁLISIS DE LA PRUEBA.....	38
CUADRO 11. RELACIÓN VARIANZA/MEDIA DE HUEVOS Y COMPONENTE DEL ANÁLISIS DE LA PRUEBA.....	45
CUADRO 12. RELACIÓN VARIANZA/MEDIA DE NINFAS Y COMPONENTES DEL ANÁLISIS DE LA PRUEBA.....	46
CUADRO 13. PARÁMETROS DE LA LPT PARA ADULTOS DE B. COCKERELLI..	53
CUADRO 14. PARÁMETROS DE LA LPT PARA HUEVOS Y NINFAS DE B. COCKERELLI.....	54
CUADRO 15. VALOR DE T, GRADOS DE LIBERTAD (GL), Y DE LA PROBABILIDAD DE SIGNIFICANCIA PARA HO: B=1 DE HUEVOS Y NINFAS.....	55

1. INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

El tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) se ha convertido en uno de los cultivos hortícolas más importantes del país en los últimos años (Peña y Santiaguillo, 1999). Es la cuarta especie más cultivada en el país, antecedida por el jitomate, la papa y el chile (Peña y Santiaguillo, 1999)

A la par que el cultivo ha tomado gran importancia económica, también se ha vuelto hospedero de un amplio rango de plagas que pueden limitar su capacidad productiva cuando encuentran condiciones favorables para su reproducción; entre estas plagas destaca *Bactericera cockerelli* (González, 1994).

B. cockerelli ha tomado una gran relevancia como plaga agrícola desde 1997 en un amplio rango de especies cultivadas como son jitomate, tomate, chile y papa, entre otras (Garzón, 2002). Es una plaga ampliamente distribuida en las principales regiones productoras de jitomate: Villa de Arista, San Luis Potosí; Yurécuaro, Michoacán; la región de La Laguna en los estados de Durango y Coahuila y San Quintín en Baja California, así como en los estados de Morelos, Nayarit y Sinaloa (Garzón, 2002 y Avilés *et al.*, 2002).

El ataque de *B. cockerelli* provoca dos tipos de daños en sus plantas hospedantes: durante sus estadios ninfales inyecta una toxina que causa clorosis en la planta; y en segundo lugar transmite un fitoplasma que origina la enfermedad denominada el **Permanente del Tomate**. Esta enfermedad causa pérdidas en el jitomate hasta de un 45 % en las 30 mil ha cultivadas en México (Garzón, 2002). En otras regiones, como en el Altiplano de México se han reportado 100 % de pérdidas de las 7 mil ha sembradas, debido a la transmisión de esta enfermedad (Anónimo, 2003).

Existen estudios que sostienen la atracción de insectos a estímulos físicos como formas y colores (Kirchner, 2005; Suarez et al., 2007). Al-jabr (1999) señala que el color más efectivo para realizar la detección de *B. cockerelli* es el color naranja neón, lo que contrasta con el color de mayor utilización para trampas en México, que es el amarillo.

Por otro lado, no existe el conocimiento respecto a la disposición espacial de *Bactericera cockerelli* en el oriente del Estado de México y tampoco acerca de planes de muestreo y umbrales económicos, por lo que con la presente investigación se plantean los siguientes objetivos.

1.2. OBJETIVOS

- Determinar el patrón de distribución espacial de adultos, huevos y ninfas de *Bactericera cockerelli* en el cultivo de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.).
- Evaluar diferentes colores atrayentes para el trapeo de *Bactericera cockerelli* en el cultivo de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.).

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. TOMATE (*Physalis ixocarpa* Brot.)

2.1.1. Producción nacional

El tomate, también llamado tomatillo o tomate de cáscara, es una especie de la familia Solanacea. El género *Physalis* comprende 80 especies, de las cuales 70 se encuentran en México, por lo es considerado como el principal centro de origen de las especies de este género (D'Arci, 1979).

El cultivo del tomate tiene gran importancia en la producción hortícola nacional, a tal grado que es cultivado en 26 de los 32 estados de la Republica Mexicana (Peña y Santiaguillo, 1999). Dentro de las hortalizas ocupa el cuarto lugar en superficie sembrada, superado por los cultivos de papa, jitomate y chile (Peña y Santiaguillo, 1999). Siete estados son los principales que siembran esta hortaliza, de los cuales Sinaloa ocupa el primer lugar en superficie cultivada (18,624.5 ha) con un 30.8% del total nacional; le siguen Jalisco, Puebla, Sonora, México y Michoacán (Figura 1). El 75% de la superficie nacional cultivada de tomate de cáscara está representada por las entidades antes mencionadas.

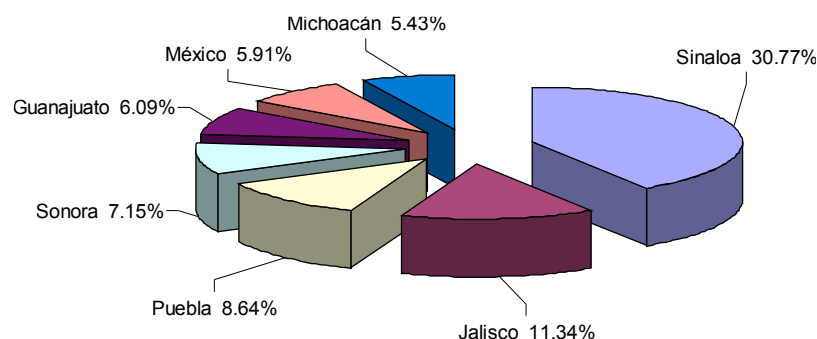


Figura 1. Participación porcentual de la superficie sembrada de los Estados productores de tomate de cáscara. Fuente: SIACON, 2005.

De manera general se puede decir que la superficie sembrada ha sufrido altibajos, sin embargo, a partir de 1995 hasta 2004 la superficie se incrementó considerablemente, en más de un 100% respecto a la presentada en 1995, de 29,702 ha a 60,514 ha respectivamente (Figura 2).

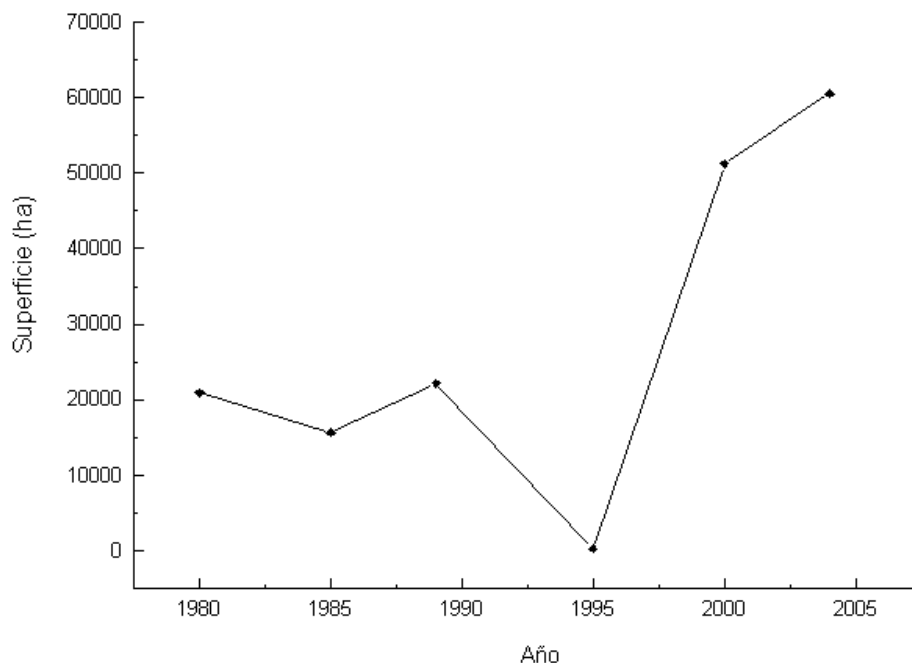


Figura 2. Superficie sembrada de tomate de cáscara. Fuente: Elaboración con datos de SIACON, 2005.

Del mismo modo, el comportamiento del volumen de producción presentó un fuerte incremento a partir de 1995 (Figura 3). Se cree que estos incrementos obedecen al aumento del consumo *per capita*, el cual fue de 2.5 kg en 1980, mientras que en 2004 se señala de 7.1 kg. Por otro lado, las exportaciones hacia Estados Unidos y Canadá han jugado un papel importante en el incremento arriba señalado (Peña y Santiaguillo, 1999).

El rendimiento potencial es de 40 ton•ha⁻¹ pero actualmente se obtiene solo el 34 % de éste; la productividad por unidad de superficie se ha incrementado en los últimos 26 años, de 8.5 ton•ha⁻¹ en 1980 a 13.5 ton•ha⁻¹ en 2004, según cifras¹ del Servicio de Información Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2005) de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) (Figura 4). A pesar de que el incremento ha sido marginal, éste se debe a la necesidad de satisfacer un mercado cada vez más amplio (Peña y Santiaguillo, 1999).

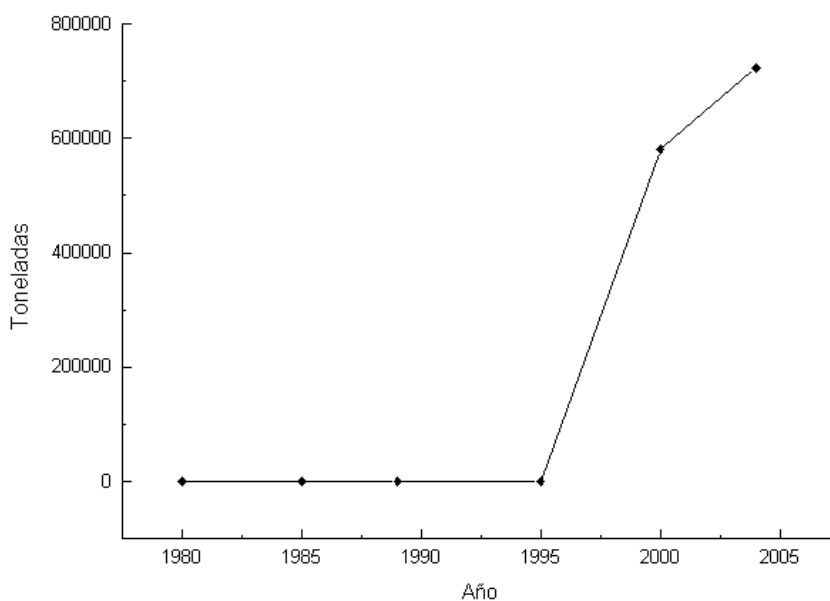


Figura 3. Volumen de producción de tomate de cáscara. Fuente: Elaborado con datos de SIACON, 2005.

En el Cuadro 1 se muestra el rendimiento promedio en los estados productores y el incremento de la producción de tomate de cáscara desde 1980 hasta 2004.

¹ Base de datos en línea <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/>

Cuadro 1. Producción en ton/ha de los principales estados productores de tomate de cáscara.

Año	Guanajuato	Jalisco	México	Michoacán	Puebla	Sinaloa	Sonora
1980	12.3	5.4	7.5	12.8	9.4	8.8	12.9
1985	16.5	7.6	10.4	12.2	12.9	--	8.7
1990	12.6	9	13.3	11.8	11.9	2	22.5
1995	12.6	10.6	13.8	12.7	11.8	13.9	22
2000	8.2	7.7	11.5	15.9	9	10.2	13.3
2004	11.2	10.4	12.8	14.9	10.6	16	--

Fuente: Elaboración con datos de SIACON, 2005.

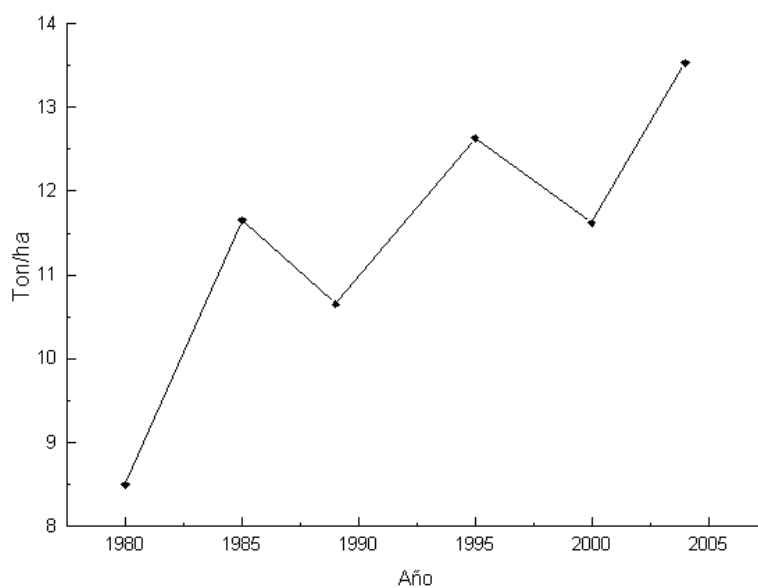


Figura 4. Rendimiento promedio nacional en ton•ha⁻¹ de tomate de cáscara.

Fuente: Elaboración propia con datos de SIACON, 2005.

2.1.2. Plagas asociadas al tomate de cáscara

González (1994) realizó un trabajo sobre la entomofauna asociada al cultivo de tomate de cáscara en diferentes condiciones de labranza en Chapingo, Edo. de México; en dicho trabajo los tratamientos consistieron en diferentes niveles de labranza convencional y labranza cero y ninguno de ellos afectó de manera significativa la población de *B. cockerelli*. En todos los tratamientos realizados se tuvo la presencia de las siguientes especies:

- *Bactericera cockerelli*
- *Lema trilineata*
- *Epatrix* sp.
- *Macroductylus mexicanus*
- *Meromyza* sp

González (1994) señala a las tres primeras plagas arriba mencionadas como principales en el cultivo de tomate. Al mismo tiempo, Bautista (2007) señala a *Bactericera cockerelli* como plaga importante del tomate de cáscara.

2.2. EL PULGÓN SALTADOR (*Bactericera cockerelli* Sulc) (HEMIPTERA: TRIOZIDAE)

2.2.1. Historia de *B. cockerelli* (Sulc)

Bactericera cockerelli se conoce con los nombres comunes de salerillo, paratrioza, pulgón saltador y psílido del tomate (Anónimo, 2003), fue descubierto en Estados Unidos en el estado de Colorado en 1909 por Sulc, quien lo identificó inicialmente como *Trioza cockerelli*; más tarde se le cambió el nombre a *Paratrioza cockerelli* y actualmente se identifica como *Bactericera cockerelli* (Avilés et al. 2002).

B. cockerelli es originario del Oeste de Norteamérica (Garzón, 2002), sin embargo, existen reportes de que es originario de Europa².

2.2.1.2. Distribución

Esta plaga se encuentra ampliamente distribuida en Norte América. En Estados Unidos se encuentra en los estados de Arizona, California, Idaho, Kansas, Minnesota, Nebraska, Nevada, Nuevo México, Dakota del Norte y del Sur, Oklahoma, Texas, Uta y Wyoming (Avilés *et al.* 2002).

En México se tienen reportes de este insecto desde 1947, cuando Plestch lo encontró en los estados de Durango, Tamaulipas y Michoacán (Garzón, 2002); posteriormente se reportó en el Estado de México y Guanajuato (Anónimo, 2003). En el Cuadro 2 se muestran los estados en donde se ha reportado *B. cockerelli*. Actualmente se distribuye en todas las áreas de la República Mexicana donde se cultiva tomate y papa (Avilés *et al.* 2002; Bujanos, 2005).

2.2.2. Daños

B. cockerelli causa un daño directo por la inyección de una toxina durante el proceso de alimentación de las ninfas y otro indirecto como transmisor de fitoplasmas (Garzón, 2002).

El daño directo fue señalado por Richards (1928) quien mencionó que durante el proceso de alimentación, las ninfas inyectan una toxina que origina la enfermedad denominada “Amarillamiento de la Papa”, lo que se comprobó cuando las ninfas fueron retiradas de las plantas y los síntomas de amarillamiento desaparecieron. En tomate, los daños que puede causar la inyección de la toxina son: la muerte de la planta, la

² http://www.iabin-us.org/projects/i3n/i3n_products_after_pilot/elsalvador_CD/faunain/Paratrioza_cockerelli.pdf
(Revisado en 2006)

falta de producción de frutos y/o la mala calidad de éstos cuando llegan a desarrollarse (Pletsch, 1947).

El daño indirecto es ocasionado por la transmisión de un fitoplasma que ocasiona la enfermedad denominada “Permanente del Tomate” (EPT), según lo reportan Garzón y colaboradores (1986). El fitoplasma se encontró por primera vez en el estado de Guanajuato, y provocó más del 60% de daños en el cultivo de jitomate, con lo que causó una disminución de 84.6 % de la superficie sembrada (Garzón, 2002). Hasta la fecha el EPT es la enfermedad causada por un fitoplasma que más daña al tomate.

Cuadro 2. Regiones productoras de Solanaceas afectadas por *B. cockerelli*.

ESTADO	REGIONES	HOSPEDERO
Aguascalientes	Rincón de Romos	chile y tomate
Baja California	San Quintín	tomate
Norte		
Chihuahua	“La Finca”	jarilla
Coahuila	Saltillo, Torreón	papa, tomate
Edo. de Méx.	Toluca	papa
Guanajuato	La Escondida, Silao, León,	papa, <i>Physalis</i> sp.
	El Mármol, La Piedra, Dolores Hidalgo	Asteraceae
		<i>Convolvulus</i> sp, chile
Jalisco	Tapalpa Autlán y Sayula	papa y tomate
Michoacán	Yurecuaro y Zamora	tomate
Morelos	Cuautla	tomate
Nayarit	Santiago Ixcuintla	tomate
Querétaro	Colón	tomate
San Luis Potosí	Villa de Arista, Rio Verde	tomate, chile
Sinaloa	Guasave, Culiacán	chile y tomate
Sonora	Cd. Obregón	chile
Zacatecas	Calera y Jalpan	chile y tomate

Fuente: Bujanos, 2005. I Curso Nacional sobre Control Químico de Plagas y Enfermedades, Colegio de Postgraduados.

2.2.3. Biología de *B. cockerelli*

El pulgón saltador se reproduce de manera sexual; a partir de que le ninfa eclosiona del huevo. La ninfa pasa por cinco estadios hasta llegar a adulto (Garzón, 2002; Marín, 2002; Bujanos, 2005³).

Marín (2002) reporta un promedio de 335.81 unidades calor para el desarrollo desde huevo hasta adulto, estado en que la proporción de sexos es de 1:1, Marín también señala que el ciclo se completa en aproximadamente 25 días (Cuadro 3). El mismo autor reporta que la mortalidad de los huevecillos y ninfas es un valor dependiente de la temperatura; la mayor mortalidad de huevecillos se presentó a 19.5 °C, mientras que la temperatura de 25.9 °C causó la mayor mortandad entre ninfas de primer estadio, para las de segundo y tercer estadio lo fueron 16 °C; en tanto que las ninfas de cuarto y quinto murieron con 29 °C, aunque en bajo porcentaje (Marín, 2002). En estado adulto no presentó mortalidad en las cuatro temperaturas probadas (Marín, 2002).

Cuadro 3. Tiempo promedio de desarrollo (d) de *B. cockerelli* a diferentes temperaturas.

Temp. °C	Incubación	Estadios ninfales					Huevo-alado
		1 a 2	2 a 3	3 a 4	4 a 5	5 a alado	
16	7	5.6	3	5	6	8.5	35.1
19.5	6.8	4.0	3.5	3.6	3	5.1	26.1
25.9	3.8	2.8	3.4	3.2	2.6	4.1	20.1
29.0	3	2.7	2.5	3.0	2.2	4.1	17.6

Fuente: Marín, 2002.

2.2.3.1. Fluctuación poblacional de huevecillos y ninfas de *B. cockerelli*

³ Bujanos M. R., 2005. I Curso Nacional sobre Control Químico de Plagas y Enfermedades, Colegio de Postgraduados. Diciembre de 2005.

Velásquez *et al.* (2005) estudiaron las poblaciones de *B. cockerelli* en diferentes cultivares de Chile desde los meses de junio a septiembre, en el estado de Aguascalientes; habiendo reportado que la presencia de poblaciones de ninfas y huevecillos es significativamente mayor en los meses de junio y julio, sin embargo, no presentaron información concluyente sobre la fluctuación poblacional de esta plaga.

2.2.3.2. Preferencias de infestación

Liu y Trumble (2006) reportan las preferencias de oviposición de *B. cockerelli* en diferentes líneas genéticas de jitomate: Shady Lady, 7718 VFN, QualiT 21, PI 134417 y Yellow Pear, y señalan que los psílidos prefieren plantas infestadas de ninfas o adultos. Sin embargo, cuando las ninfas superan los 35 individuos por planta, las hembras prefieren ovipositar en plantas no infestadas. Esto puede deberse a que los psílidos son capaces de limitar el potencial para explotar los recursos alimenticios que extraen de los hospederos, es decir, que tienen la capacidad de reducir la competencia intraespecífica restringiendo los lugares de oviposición (Liu y Trumble, 2006). De los materiales genéticos evaluados, el que menor preferencia de oviposición tuvo fue el PI 134417; lo contrario ocurrió con el cultivar Yellow Pear (Liu y Trumble, 2006).

En el mismo trabajo se demostró que, satisfechos otros requisitos propios del caso, bastan 18 ninfas por planta para que se manifiesten los síntomas de la enfermedad del Permanente del Tomate, en plantas de dos semanas de transplante (Liu y Trumble, 2006). Este número podría ser tomado como umbral de daño para la presencia de la enfermedad en los materiales evaluados.

2.2.4. Hospederos

El conocimiento de las plantas hospederas del pulgón saltador, es de gran importancia para la identificación de los organismos útiles a la plaga, ya sea como de alimento y/o refugio.

B. cockerelli puede alimentarse de plantas de 20 familias; dentro de ellas, se encuentran todas las especies de solanáceas de importancia económica, además de las convolvuláceas y las asteráceas. (Liu y Trumble, 2006). Al-Jabr (1999) señala que existen especies de las siguientes familias que son atacadas por el psílido: Amaranthaceae, Asclepiadaceae, Brassicaceae, Violaceae, Malvaceae, Menthaceae, Pinaceae, Poaceae, Polygonaceae, Ranunculaceae, Rosaceae, Salicaceae, Scrophulariaceae y Zygophyllaceae. Las hembras adultas prefieren ovipositar en solanáceas; cuando ovipositan en plantas de otras familias, los estadios ninfales son considerablemente más largos (Pletsch, 1947).

Además de las solanáceas conocidas como hospederas del insecto: jitomate, (*Lycopersicon esculentum*), tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa*), chile (*Capsicum anum*) y papa (*Solanum tuberosum*), también lo son: *P. subglabrata*, *P. filadelfica*, *P. floridiana*, *S. carolinense*, *S. nigrum*, *Datura stramonium* y *D. metel*.

2.3. MUESTREO

Mediante el muestreo estadístico es posible realizar inferencias sobre algún parámetro de interés en la población (López-Collado, 2004). El muestreo se encuentra ligado generalmente a problemas de decisión, por ejemplo, para determinar si alguna población de insectos requiere alguna medida de combate (López-Collado, 2004).

Idealmente, los métodos de muestreo deberían tener las siguientes características: 1) ser fáciles de usar, 2) requerir un mínimo de esfuerzo y costo y 3) proporcionar

estimaciones precisas de la abundancia de la plaga (Castillo, 2005). El muestreo es también un componente fundamental de las actividades de investigación en ecología poblacional y el desarrollo de métodos de control alternativos (Nava, 2002).

Para el caso *B. cockerelli* no existe un plan de muestreo bien definido. Bujanos *et al.* (2005) señalan que el sistema más adecuado para el monitoreo de las poblaciones de estados inmaduros de este insecto, es el muestreo semanal directo sobre hojas del cultivo del chile, las cuales deben cortarse de la parte media de la planta y revisarse cuidadosamente para determinar los números de huevecillos y ninfas de los diferentes tamaños. Por su parte, Nava (2002) recomienda, para *B. cockerelli*, utilizar los planes de muestreo de mosquita blanca; por ejemplo, en algodón se debe revisar un mínimo de 70 hojas de los nudos 8 y 9 en plantas seleccionadas aleatoriamente y aplicar una medida de control si el conteo supera el 81 % de infestación (Nava, 2002). Por otra parte, uno de los métodos más utilizados, para la detección de esta plaga en México, es la utilización de trampas de color amarillo, ya sea en trampas pegajosas o con la utilización de recipientes con agua, sin embargo, existen reportes en los que se recomienda utilizar preferentemente, el color naranja neón para el monitoreo (Al-Jabr, 1999).

En condiciones de campo es difícil detectar los primeros individuos de *B. cockerelli* que infestan el cultivo. Generalmente, esto sucede cuando ya ha transcurrido por lo menos una generación de la población (Morales, 2006)⁴; de ahí la importancia de la elaboración de un plan confiable de muestreo, que permita conocer desde sus inicios, el proceso de infestación y sus características, a partir de sus inicios.

2.3.1. Desarrollo de planes de muestreo

Cuando se desarrolla un plan de muestreo, es necesario considerar lo siguiente (López-Collado, 2004):

⁴ Morales G. O., 2006.SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad e Inocuidad Alimentaria). Comunicación personal

1. Objetivo del muestreo
2. Selección de la técnica de muestreo
3. Determinación del universo del muestreo
4. Selección de la unidad de muestreo, su número y frecuencia

2.3.1.2. Utilidad del muestreo

El muestreo puede tener diversos objetivos, como son: la decisión de la utilización de las tácticas de control, el control de calidad de productos o la evaluación de la efectividad biológica de un insecticida. Otro propósito del muestreo es la determinación de la disposición espacial de los insectos; el cual se realiza con el empleo de distribuciones probabilísticas o de índices de agregación (López-Collado, 2004).

Con el muestreo es posible estimar los parámetros de la población: densidad o tamaño, distribución de edades, conglomerado genético y el patrón de distribución espacial (Vera *et al.*, 2002).

2.3.1.3. Selección de la técnica de muestreo

Las técnicas de muestreo pueden variar de acuerdo con los hábitos y biología de las plagas y dependen en gran medida de los recursos disponibles (López-Collado, 2004). A partir de las técnicas de muestreo se pueden obtener dos tipos de estimaciones: una estimación absoluta que encuadra sus conteos en unidades de área o volumen, y otra relativa, que basa sus conteos en unidades arbitrarias, como redazos, trampas, tiempo de muestreo y otras.

2.3.1.4. Determinación del universo de muestreo

Es necesario acotar el espacio en donde se realizará el muestreo. Los límites del espacio pueden quedar definidos, por ejemplo, un grupo de varios campos, un campo o lote, una parcela, un embarque, etc. (López-Collado, 2004; Castillo, 2005).

2.3.1.5. Selección de la unidad de muestreo

Una unidad de muestreo puede ser un árbol, una planta, determinado número de hojas, etc. (López-Collado, 2004). Esta selección es generalmente arbitraria, sin embargo se debe considerar lo siguiente (Castillo, 2005; Vera *et al.*, 2002; López-Collado, 2004):

1. Las unidades deben tener la misma probabilidad de ser seleccionadas.
2. Deben tener estabilidad, o los cambios deben ser fácilmente medibles.
3. La proporción de la población que ocupa la unidad de muestreo como hábitat debe permanecer constante.
4. Las unidades deben poder transformarse a unidades de área.
5. Las unidades deben ser delimitadas con facilidad en el campo

2.3.2. Métodos de muestreo

Existen diversos métodos de muestreo, como, el muestreo aleatorio irrestricto, aleatorio estratificado y muestreo sistemático (Scheaffer *et al.* 1986):

2.3.3.1. Muestreo aleatorio irrestricto

Si un tamaño de muestra n es seleccionado de una población de tamaño N de tal manera que cada muestra posible de tamaño n tenga la misma probabilidad de ser

seleccionada, el procedimiento de muestreo se denomina muestreo irrestricto aleatorio (Scheaffer *et al.*, 1986).

2.3.3.2. Muestreo aleatorio estratificado

Una muestra aleatoria estratificada es la que es obtenida a partir de una primera selección de estratos, o sea de conjuntos no traslapados en los que se separan los elementos de la población. Y otra selección posterior de una muestra aleatoria irrestricta (Scheaffer *et al.*, 1986).

2.3.3.3. Muestreo sistemático

Se obtiene al seleccionar aleatoriamente un elemento de los primeros k elementos en el universo de muestreo y después cada k -ésimo elemento (Scheaffer *et al.*, 1986), este muestreo proporciona también una opción útil para el muestreo irrestricto (Scheaffer *et al.* 1986):

- El muestreo sistemático es más fácil de llevar a cabo en el tiempo y por lo tanto, a diferencia de las muestras irrestrictas aleatorias y las muestras aleatorias estratificadas, está menos expuesto a los errores de selección que cometen los investigadores.
- El muestreo sistemático puede proporcionar mayor información que la que puede proporcionar el muestreo irrestricto aleatorio por unidad de costo.

En general el muestreo sistemático involucra la selección aleatoria de un elemento de los primeros k elementos y posteriormente la selección de cada k -ésimo elemento. Este procedimiento es más fácil de realizar y, a diferencia del muestreo irrestricto aleatorio, está menos expuesto al error del investigador (Scheaffer *et al.* 1986).

La media de la muestra sistemática (\bar{X}_{sis}) es un estimador insesgado de la media poblacional (μ) (Scheaffer *et al.* 1986). El total que se genera a través de la muestra (Y_{sis}) es un estimador insesgado del total poblacional (Y_p) (Scheaffer *et al.* 1986). Y la varianza se define como una medida de dispersión de la variable estudiada, se encuentra expresada en términos de S^2 , donde \bar{X}_{sis} representa la media muestral sistemática.

$$\text{Media muestral sistemática } (\bar{X}_{\text{sis}}) = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{n}$$

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - n\bar{Y}_{\text{sis}})^2}{n-1}$$

Total a través de la muestra sistemática

$$Y_{\text{sis}} = N \bar{Y}_{\text{sis}}$$

Total poblacional

$$Y_p = Y_{\text{sis}}$$

2.4. DISPOSICIÓN ESPACIAL

La disposición espacial se refiere a la ubicación que los individuos ocupan en un determinado tiempo y espacio, posiblemente en una superficie cultivada (Vera *et al.* 2002) u otras más grandes como regiones geográficas o ecosistemas completos (Bispo *et al.*, 2002). Al realizar un muestreo, el patrón espacial de una plaga o enfermedad genera una serie de valores observados de la variable correspondiente, con los que se puede generar una tabla de frecuencias observadas, misma que debe ser representativa de la población estudiada (Vera *et al.*, 2002).

Los estudios de disposición espacial son de gran importancia ecológica (Southwood, 1978), pues influyen de manera importante en los programas de muestreo y el análisis de los datos derivados de éste. Además, a partir de estos resultados es posible realizar una estimación del tamaño de la población y su dinámica (Southwood, 1978).

El conocimiento de la disposición espacial también es importante en sistemas donde el control biológico de plagas es determinante, debido a que el patrón de disposición de una plaga influye en la efectividad y el comportamiento de parasitoides (Maron y Harrison, 1997; Southwood, 1978 y Tripet *et al.*, 2002).

2.4.1. Tipos de disposición espacial

Desde un punto de vista teórico se pueden identificar tres tipos de disposición espacial (Castillo, 2005; Southwood, 1978 y Vera *et al.* 2002): uniforme o regular, aleatoria y de contagio o agregado. Un procedimiento para analizar los datos, son el empleo de las distribuciones probabilísticas, y si en un estudio de disposición espacial los datos derivados del muestreo se ajustan a una distribución Poisson entonces se puede decir que la disposición espacial de los organismos es aleatoria (Castillo, 2005 y Vera *et al.*, 2002). Por otro lado, si los datos derivados del muestreo se ajustan a una distribución binomial negativa o Neyman “tipo A” entonces los organismos tienen una distribución espacial de contagio (Vera *et al.*, 2002). Y si los datos se ajustan a una distribución binomial, se dice entonces que los individuos se distribuyen de manera regular (Vera *et al.*, 2002).

Las pruebas de bondad de ajuste son una herramienta útil para determinar a cual distribución probabilística se ajustan los datos derivados del muestreo. Una de las pruebas de bondad de ajuste más utilizada es la de Ji-cuadrada, la cual compara los datos observados con los esperados bajo la hipótesis nula de igualdad del modelo; la hipótesis alterna que considera la prueba es la asociación general entre las variables. También existe el criterio Cramer-von Misses, para probar el ajuste de una distribución probabilística observada F^* comparada con una distribución teórica dada F . Sin embargo, la afinidad que presentan los índices con la relación varianza/media, permite recomendar el uso de éste último índice (Kuno, 1991).

2.4.1.1. Disposición uniforme

En la disposición espacial uniforme los organismos se distribuyen en el hábitat bajo un patrón determinado en cuanto a la distancia o alejamiento de un individuo con respecto a otro, puede existir una tendencia a la repulsión entre los individuos que los obliga a ocupar lugares no ocupados por individuos de su misma especie (Southwood, 1978; Vera *et al.*, 2002). En este tipo de disposición, la varianza muestral es menor que la media y los datos obtenidos del muestreo generalmente tienden a ajustarse a una distribución binomial o modelo Bernoulli (Vera *et al.*, 2002).

2.4.1.2. Disposición aleatoria

En la disposición aleatoria los organismos se distribuyen, como su nombre lo dice, de manera aleatoria (Castillo, 2005).

Para que una población presente este patrón, debe de cumplir con las siguientes condiciones (Vera *et al.*, 2002):

- Cada sitio o unidad de muestreo tiene la misma probabilidad de ser ocupada por un individuo sin que afecte la probabilidad de que otro individuo ocupe el mismo sitio.
- El establecimiento de los individuos es aleatorio, ya que todos los individuos tienen la misma probabilidad de ocupar cualquier unidad de muestreo.

2.4.1.3. Disposición de contagio

En la disposición de contagio los individuos se distribuyen en forma de agregados o pequeños grupos que se pueden disponer de manera aleatoria en cuanto a la distancia o alejamiento de un grupo de individuos respecto a otro (Castillo, 2005). Este patrón se

presenta cuando se tiene un ambiente heterogéneo, en donde los individuos se ven forzados a agruparse para ocupar sitios favorables; o los individuos se distribuyen en grupos para hacer un uso eficiente de los recursos o para el apareamiento. Del mismo modo, si las oviposuras de los insectos se realizan en grupos o existe parasitismo y depredación en gradientes dentro de la misma área (Southwood, 1978). Debido a que las condiciones anteriormente descritas son muy comunes, la disposición en agregado es muy frecuente en las poblaciones de insectos.

2.4.2. Índices de agregación

A partir del muestro de poblaciones se obtienen tres estadísticas básicas, que son: la media, la varianza y la cantidad de unidades muestreadas (Southwood, 1978). Esta información es utilizada para cuantificar el grado de agregación de las poblaciones mediante índices.

Los índices de agregación deben poseer ciertas cualidades para ser empleados eficientemente como medidas de agregación: que exista una correspondencia entre el valor del índice y el grado de agregación de los individuos estudiados, y que sean fáciles de calcular; pero también que tengan un bajo coeficiente de variación y una interpretación biológica adecuada (Vera *et al.*, 2002). A continuación se muestran algunos de los índices para determinar el grado de agregación de las poblaciones.

2.4.2.1. Relación varianza/media

Esta relación es el método más sencillo para determinar la disposición espacial (Southwood, 1978). Se distribuye como χ^2 al igual que la prueba de significancia.

Al comparar la media y la varianza de los datos derivados del muestro se identifican las siguientes relaciones (Vera *et al.*, 2002; Castillo, 2005):

$$S^2 < \bar{X} : \text{distribución espacial regular, } S^2/\bar{X} < 1$$

$S^2 = \bar{X}$: distribución espacial aleatoria, $S^2/\bar{X} = 1$

$S^2 > \bar{X}$: distribución espacial de contagio, $S^2/\bar{X} > 1$

Para estudiar la disposición espacial de individuos, generalmente se divide el área de interés en partes iguales, posteriormente se tiene que registrar la cantidad de organismos presentes en cada unidad y finalmente, con los datos obtenidos se estiman la media y la varianza de la población (Vera *et al.*, 2002; Castillo, 2005), donde \bar{X} es la media poblacional y S^2 es la varianza poblacional mientras que n es igual al número de observaciones realizadas, y_i representa el valor observado en el i -ésimo momento de la toma de datos e \bar{X} representa la media poblacional.

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{n} \qquad S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{X})^2}{n - 1}$$

2.4.2.2. Índice k

El parámetro k de la distribución Binomial Negativa es frecuentemente utilizado como índice de agregación (Vera *et al.*, 2002); como generalidad se considera que es un indicador de una disposición de contagio y entre más grande sea su valor mayor es la agregación. Sin embargo tiene inconvenientes al aplicarlo a patrones espaciales uniformes, en los que toma valores negativos (Vera *et al.*, 2002). El índice se estima por momentos como: $k = \bar{X} / (S^2 - \bar{X})$.

2.4.2.3. Índice I_b de Morisita

Se basa en una medida de la diversidad en la proporción de individuos que pertenecen a diferentes clases dentro de una población (Vera *et al.*, 2002). No es recomendable utilizarlo si la mayoría de las observaciones son cero o uno (Vera *et al.*, 2002).

$$I_0 = n \sum x(x-1) / \sum x(\sum x-1)$$

2.4.2.4. Índices generados por regresión sobre la media

Ley de la potencia de Taylor

Southwood (1978) señala que en la disposición espacial de individuos la varianza no es independiente de la media por lo que si se grafica la media y la varianza de un grupo de muestras, se observa que ambas tienden a incrementarse. Taylor (1961) expresó dicha relación mediante un modelo en el que la varianza es función de una potencia de la media:

$$S^2 = a \bar{X}^b$$

donde S^2 es la varianza, \bar{X} es la media y a y b representan los parámetros del modelo (Taylor, 1961). La linealización de este modelo arroja la siguiente ecuación (Taylor, 1961):

$$\text{Log}(S^2) = \text{Log}(a) + b \text{Log}(\bar{X})$$

$\text{Log}(a)$ es la ordenada al origen de esta recta y b , la pendiente, representa un índice de dispersión o de agregación (Taylor, 1961) que se interpreta de la siguiente manera: $b=1$ indica patrón aleatorio, $b<1$ patrón uniforme o subdisperso y $b>1$ indica patrón agregado o sobre disperso (Southwood, 1978).

Modelo de Iwao

En 1967, Lloyd desarrollo el concepto de aglomeración media, el cual representa la cantidad media por individuo, de otros individuos, coexistiendo en el mismo cuadrante, sitio de observación (Kuno, 1991), este procedimiento, omite al individuo que se encuentra en el centro del sitio de observación (Taylor, 1984). Iwao encontró que el valor de la aglomeración media de Lloyd, que es la suma de la densidad media, más, la relación varianza media, menos uno ($am = m (S^2/\bar{X} - 1)$) sobre la media producía frecuentemente una relación lineal, tanto en modelos teóricos como en datos de poblaciones de insectos (Vera *et al.*, 2002).

$$S^2 = (\alpha+1) \bar{X} + (\beta - 1) \bar{X}^2$$

Donde $\alpha+1$ es una medida del tamaño de los grupos. El parámetro β es considerado un índice de contagio densodependiente (Iwao, 1968).

Los modelos de Taylor e Iwao son robustos y ambos se utilizan frecuentemente, sin embargo el propuesto por Taylor es el de mayor aceptación (Vera *et al.*, 2002)

2.4.3. Análisis espacial mediante índices de distancias

En 1991 Perry y Hewitt desarrollaron un método de análisis espacial denominado SADIE (**S**patial **A**nalysis by **D**istance **I**ndic**E**s), el cual compara el arreglo espacial de una muestra observada, con otras disposiciones elaboradas a partir de las mismas observaciones, por ejemplo, arreglos de datos en los que se puede observar a los individuos, tanto como sea posible, en agregado, al azar o en disposición regular. Este método realiza una prueba donde se evalúa la relación de todos los movimientos posibles de los individuos y sus posibles disposiciones espaciales. Este análisis de distancias emplea una búsqueda heurística de las posibles distancias en las que se pueden arreglar los individuos. Funciona con los índices de agregación I_t e I_m de agregación descritos por Perry *et al.*, (2002) y con el producto de estos, denominado

X_p ; el valor de X_p indica el grado en que contribuyen para la asociación espacial en el sitio p de muestreo con coordenadas (x, y) de dos diferentes conjuntos de datos y se describe de la siguiente manera:

$$X_p = N(Zp1 - q1)(zp2 - q2) / \left[\sum_p (Zp1 - q1)^2 \sum_i (Zp2 - q2)^2 \right]^{1/2}$$

Donde N representa el número de observaciones, $Zp1$ y $Zp2$ son los índices de agregación de cada uno de los conjuntos de datos, con media $q1$ y $q2$ respectivamente (Perry *et al.*, 2002).

2.4.4. Análisis espacial mediante mapas de superficie de respuesta

Los mapas de superficie de respuesta (MSR) expresan gráficamente la respuesta de un fenómeno en puntos y momentos determinados. Se pueden elaborar ya sea mediante modelos matemáticos y mediante modelos de muestreo.

Los MSR derivados de modelos matemáticos representan una relación matemática explícita $Z = f(X, Y)$ (López-Collado, 2004), mientras que los MSR elaborados a partir de modelos de muestreo generan una superficie con base en la interpolación de puntos de muestreo, los cuales están compuestos, cada uno, por coordenadas (x, y) y un valor de respuesta z (López-Collado, 2004).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en dos partes: La primera fue un estudio preliminar de la disposición espacial de *B. cockerelli* y la evaluación de colores en trampas pegajosas para la captura de la plaga en Tlayacapan, Morelos. La segunda parte consistió en determinar la disposición espacial de *B. cockerelli* en Chapingo, México y en esta localidad se utilizó el color más efectivo encontrado en el estudio preliminar, sólo para

detectar el inicio de la infestación. En cuanto la selección de colores para el trapeo de adultos se tomó como antecedente la investigación realizada por Al-Jabr (1999).

3.1. ESTUDIO PRELIMINAR

3.1.1. Evaluación de trampas

Entre el 19 de diciembre de 2006 y el 5 de enero de 2007 se evaluaron los siguientes colores atrayentes para la captura de *B. cockerelli*:

- Verde neón
- Naranja neón
- Amarillo
- Azul

Para elaborar las trampas se utilizaron secciones de tubos de PVC de 15.2 cm de diámetro y 30 cm de longitud. Los tubos se forraron con uni-cartulina marca COPAMEX® de los colores a evaluar y se cubrieron con bolsas de plástico transparente a las que se aplicó el pegamento Stick-Bug® para atrapar a los insectos. Las trampas fueron colocadas de manera aleatoria dentro de la parcela experimental a la altura máxima del dosel de las plantas, por lo que se tomó como criterio que el tercio inferior de las trampas coincidiera con la hoja más alta de la planta.

Se contabilizaron semanalmente los adultos de la plaga que se adhirieron a las trampas. Esta evaluación se realizó durante la toma de datos del estudio preliminar para la disposición espacial. Los datos de capturas se analizaron en un modelo lineal mixto donde los colores fueron los tratamientos, con 4 repeticiones y se hicieron lecturas de capturas repetidas en el tiempo; para incorporar la posible dependencia entre las observaciones en el tiempo se utilizó el procedimiento MIXED de SAS v.9. El modelo lineal incluyó los efectos principales de colores y tiempo, así como la interacción colores×tiempo. Para evaluar el efecto de los colores a través de las fechas

se utilizó la opción Slice. Los promedios de capturas se calcularon con la opción LSMEANS y las comparaciones entre colores se hicieron con la opción CONTRAST.

3.1.2. Disposición espacial

Este estudio se realizó de octubre de 2006 a enero de 2007 en el Municipio de Tlayacapan, Morelos, ubicado en las coordenadas 18° 56' 09" N y 99° 00' 35" W y a 1265 msnm.

3.1.2.1. Toma y análisis de datos

En una parcela rectangular de 980 m² (14 m de anchura y 70 de longitud) se hicieron muestreos sistemáticos semanales, que consistieron en contabilizar los huevos, ninfas y adultos de *B. cockerelli* en cuatro brotes de una planta por cada sitio de muestreo, seleccionando una planta correspondiente a cada tres metros a lo largo de un mismo surco; al finalizar el surco se avanzaba hasta el tercer surco siguiente (3.4 m) y se repetía el procedimiento.

El conteo se realizó desde la primera hoja completamente desarrollada de cada brote hasta la hoja más pequeña del mismo.

Los datos de número de insectos por cada cuatro brotes fueron analizados en el programa SUPRA (López-Collado, 2004) con el que se calcularon los parámetros de la Ley de la potencia de Taylor (LPT) para obtener el índice de agregación **b** y se realizaron mapas de superficie de respuesta (MSR). Las escalas de densidad en los MSR fueron establecidas de acuerdo al mayor número de individuos observados durante el muestreo. Los posibles valores que toma **b** son: $b=1$ aleatorio, $b<1$ uniforme y $b>1$ agregado. Se aplicó la estadística de Student *t* para la prueba de hipótesis nula de que $b=1$.

En algunos análisis solo se muestran dos mapas debido a que en la primera fecha no se observaron ninfas en las plantas muestreadas.

3.2. ESTUDIO FINAL

3.2.1. Disposición espacial

El estudio final se llevó a cabo del 30 de marzo al 11 de junio de 2007 en tres lotes experimentales de la Universidad Autónoma Chapingo, ubicada en el municipio de Texcoco, Edo. de México, a 19°29'05" de latitud norte y 98°53'11" longitud oeste:

- Lote Xaltepa-3 (X-3), con 324 m²
- Lote Sn. Martín (Sn. M.), con 1,036 m²
- Lote Chapingo (Ch), con 384 m²

La vegetación predominante en las áreas circundantes no cultivadas de los lotes experimentales consistió de malezas: verdolaga (*Portulaca oleracea*), chicalote (*Argemone mexicana*), coquillo (*Cyperus sp*), trébol (*Trifolium sp*), pata de gallo (*Theobroma sp*) y quelite cenizo (*Chenopodium album*). También se presentó en altas densidades un insecto plaga de la familia Chrysomelidae en el cultivo.

3.2.1.1. Toma y análisis de datos

Se contabilizaron semanalmente adultos, huevos y ninfas de *B. cockerelli* en brotes de *Physalis ixocarpa* entre las 9 h y las 12 h aproximadamente. Cada semana, la toma de datos se dividió en dos días consecutivos; durante el primero se examinaban los dos primeros lotes, mientras que los datos del último lote eran tomados al siguiente día a la misma hora. El muestreo sistemático se realizó eligiendo al azar una planta en los primeros tres metros del primer surco seleccionado. Las siguientes observaciones se

realizaron avanzando tres metros a lo largo del surco y eligiendo la planta más cercana a este último punto, y así sucesivamente hasta llegar al extremo del surco. En cada planta seleccionada se contabilizó el número de huevos, ninfas y adultos de la plaga. Con el propósito de evitar los posible efectos de la variación ambiental durante el día, el tiempo de muestreo se limitó a 1.5 h. este límite implicó que dependiendo de el grado de desarrollo del cultivo y las condiciones físicas de los lotes experimentales, el número total de puntos de muestreo no fuera constante. El conteo se realizó desde la primera hoja completamente desarrollada de cada brote hasta la hoja más pequeña del mismo. Esta metodología se aplicó en los tres lotes experimentales.

En el caso del lote San Martín, por ser el de mayor extensión, los tamaños de muestra fueron variables, y en ninguno de los casos se revisó en su totalidad la parcela experimental, ya que a medida que se desarrollaba el cultivo, la inspección de las plantas requirió más tiempo, lo que hizo el avance del muestro, mas lento; así que el número de observaciones en las últimas fechas fue menor que en las primeras. Sin embargo, siendo la media y la varianza estimadores insesgados, el tamaño de muestra no afectó los resultados obtenidos, además de que el tipo de muestreo empleado fue del tipo sistemático. Para llevar a cabo la toma de datos en este lote experimental, se realizó una selección aleatoria del surco en el que se iniciaría el muestreo, ésta selección se hizo entre los primeros 14 surcos en dirección este-oeste; una vez seleccionado el surco, se procedió con la metodología anteriormente descrita.

Los muestreos se iniciaron desde el 16 de abril de 2007, pero en las primeras semanas se registraron muy bajas densidades de la plaga y únicamente adultos, esta densidad fue incrementandose gradualmente, así que para hacer los análisis de disposición espacial solamente se tomaron los registros obtenidos de fechas en los que se encontró a la plaga en mayores densidad es y en sus tres estados biológicos: 14, 21 y 28 de mayo y 4 y 11 de junio de 2007, para los lotes X-3 y San Martín y 15, 22 y 29 de mayo, 5 y 12 de junio de 2007 para el lote Chapingo. Los datos fueron analizados en el programa SUPRA (López-Collado, 2004), con el que se obtuvo la relación varianza/media de cada fecha como medida de dispersión y también se obtuvieron los

parámetros de la ley de la potencia de Taylor (LPT) para obtener el índice de agregación. Las estadísticas de prueba para evaluar los resultados de los procedimientos anteriormente mencionados, fueron la de ji-cuadrada (Vera et al., 2002) y la prueba de t para la relación varianza/media y la LPT, respectivamente. También se construyeron mapas de superficie de respuesta (MSR). Los valores en la base y en la línea horizontal izquierda de los MSR representan la distancia en metros del área muestreada.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ESTUDIO PRELIMINAR

Las condiciones meteorológicas observadas en la parcela experimental a través del estudio fueron las siguientes:

Temperatura media diaria: 19.8 °C

Humedad relativa: 65.59 %

Velocidad media de vientos: 23.59 km•h⁻¹

Dirección de los vientos dominantes: 171.01667° (dirección norte-noroeste)

4.1.1. Trampeo de adultos de *B. cockerelli* con diferentes colores de trampas

De acuerdo a los análisis estadísticos de los efectos principales, existen diferencias significativas entre tratamientos (colores), fechas y la interacción de ambos (Cuadro 4).

Cuadro 4. Significancia estadística de efectos principales (color y fecha de muestreo), así como su interacción.

Efecto	Valor de F	GI1	GI2	P
Fecha	785.2	2	33	p<.0001
Color	129.8	3	33	p<.0001
Fecha*Color	143.5	6	33	0.0002

La existencia de interacción entre fecha y colores indica que la respuesta de capturas a los colores fue significativa, en por lo menos alguna de las fechas, por tanto, se procedió a evaluar la significancia de los colores para cada fecha, esto se presenta en el Cuadro 5. En las tres fechas hubo efecto significativo de color. En estas, la comparación de colores mediante contrastes indicó que en el 19 de diciembre de 2006, el color amarillo fue superior a los demás, mientras que en el 27 de diciembre no mostró diferencias respecto al color naranja y verde, del mismo modo que el naranja y el verde no mostraron diferencias entre si; el 5 de enero de 2007 el color verde fue superior a los demás, en tanto, en esta misma fecha, no hubo diferencias entre el naranja y el amarillo.

Cuadro 5. Significancia de colores para las fechas de muestreo indicadas.

Fecha	Valor de F	GI1	GI2	Valor de P
19-diciembre-2006	5.82	3	33	0.0026
27-diciembre-2006	4.37	3	33	0.01
5-enero-2007	433.9	3	33	<0.0001

Las capturas promedio por color para cada fecha (Cuadro 7) indican que el color verde neón tuvo significativamente mayores capturas en relación al resto de los colores el 5 de enero de 2007 (Cuadro 8), con 25.5 insectos promedio capturados contra 12 y 13 del color amarillo y naranja, respectivamente. Por otra parte, el color amarillo capturó significativamente más insectos los días 19 de diciembre de 2006, en las que los promedios registrados fueron de 2 y 4.25 respectivamente (Cuadros 7 y 8). El color naranja neón tuvo capturas intermedias entre los otros colores en las tres fechas, este color tuvo capturas de 0.5, 2 y 13 en cada una de las fechas.

Cuadro 7. Media de capturas por color de trampa y fecha de captura.

Fecha	Color	Media	E.E.	n
19-diciembre-2006	Amarillo	2	0.58	4
	Azul	0	0.58	4
	Naranja	0.5	0.58	4
	Verde	0.5	0.58	4
27-diciembre-2006	Amarillo	4.25	0.96	4
	Azul	0	0.96	4
	Naranja	2	0.96	4
	Verde	2.75	0.96	4
5-enero-2007	Amarillo	12	0.67	4
	Azul	0	0.67	4
	Naranja	13	0.67	4
	Verde	25.5	0.67	4

Se observa que a mayores densidades el color verde resultó ser más atractivo para el insecto mientras que el color amarillo lo fue a menores densidades. Algunos factores que pueden haber afectado el número de capturas por color son: el aumento en la densidad de adultos y posibles estímulos para su mortalidad, el haber renovado las cartulinas de color en las trampas entre las fechas y, los cambios fenológicos del cultivo.

Cuadro 8. Contraste de cada color de trampa contra el resto por cada fecha.

Contraste	GI1	GI2	Valor de F	P
Amarillo vs naranja+verde 19-diciembre-2006	1	33	11.65	0.001
Amarillo vs naranja + verde 27-diciembre-2006	1	33	3.28	0.08
Verde vs naranja 27-diciembre-2006	1	33	0.39	0.53
Amarillo vs naranja 5-enero-2006	1	33	1.12	0.3
Verde vs amarillo + naranja 5-enero-2007	1	33	425.04	< 0.0001

Al Jabr (1999) obtuvo resultados diferentes en su trabajo, en el cual evaluó diferentes colores; en dicha investigación, los colores más sobresalientes fueron el amarillo, naranja neón y verde neón, sin embargo se realizó en condiciones de invernadero, donde se identificó al color naranja neón como el más atractivo para adultos, seguido por el verde y el amarillo, que según Al Jabr (1999) no presentaron diferencias estadísticas entre si. Estos resultados contrastan con los obtenidos en el presente trabajo, ya que el color verde neón y el amarillo resultaron ser los más atractivos para

los adultos de *B. cockerelli*, no siéndolo el color naranja neón. Esta diferencia se puede deber a que ambos trabajos han sido conducidos en diferentes condiciones, uno en invernadero y el presente en campo abierto en el área de Tlayacapan, Morelos.

4.1.2. Disposición espacial

Para obtener los parámetros de la LPT se emplearon cinco medias con sus respectivas varianzas. Todos los modelos obtenidos presentaron altos valores de R^2 , 0.95 para huevos, 0.98 y 0.99 en el caso de ninfas y adultos respectivamente (Cuadro 9). De acuerdo al análisis, solo el parámetro b de adultos resultó ser igual a 1 ($t=0.3$, $gl=4$, $p=0.781$), lo cual denota una disposición aleatoria, según el criterio descrito anteriormente, mientras que los valores de b de huevos y ninfas son estadísticamente mayores a 1 (huevos: $t=4.3$, $gl=4$, $p=0.023$; ninfas $t=6.3$, $gl=4$, $p=0.008$), lo que denota una disposición agregada (Cuadro 9).

Cuadro 9. Parámetros obtenidos de acuerdo con la Ley de la Potencia de Taylor.

Parámetros de la prueba	Huevos	Ninfas	Adultos
b	2.032	1.802	1.013
a	13.968	14.201	0.967
R^2	0.9591	0.9851	0.9945
Valores de la prueba $H_0: b = 1$	$t=4.3$, $gl=4$, $p=0.023$	$t=6.3$, $gl=4$, $p=0.008$	$t=0.3$, $gl=4$, $p=0.781$
Tipo de disposición	Agregado	Agregado	Aleatoria

Los huevecillos y ninfas mostraron una disposición agregada que posiblemente se origina porque la hembra oviposita en grupos alrededor del borde de las hojas de los brotes y en el envés de las hojas; en ocasiones los coloca en los tallos de los brotes. En las figuras 4 y 5 se observa una disposición de contagio de huevos y ninfas. Los adultos mostraron un comportamiento aleatorio de acuerdo al análisis visual de los mapas de superficie de respuesta (MSR) (Figura 6), gracias a que el estado adulto es móvil. En adición, las hembras adultas no ovipositan en plantas que están previamente

infestadas con huevecillos y ninfas (Liu y Trumble, 2006). Las fechas de las figuras corresponden en todos los casos al 19 y 27 de diciembre de 2006 y al 5 de enero de 2007 respectivamente. Los coeficientes de determinación (R^2) de la regresión fueron altos en todos los casos, lo cual permitió emplear esta metodología en el estudio final (Cuadro 8).

Por otro lado, se observó un fenómeno en el que al parecer existe una relación antagónica entre adultos *B. cockerelli* y de mosquita blanca, debido a que las plantas infestadas con mosquita blanca no lo estuvieron con *B. cockerelli* y viceversa. Esto es importante de señalar ya que se observó una infestación notoria (aunque no cuantificada) de mosquita blanca.

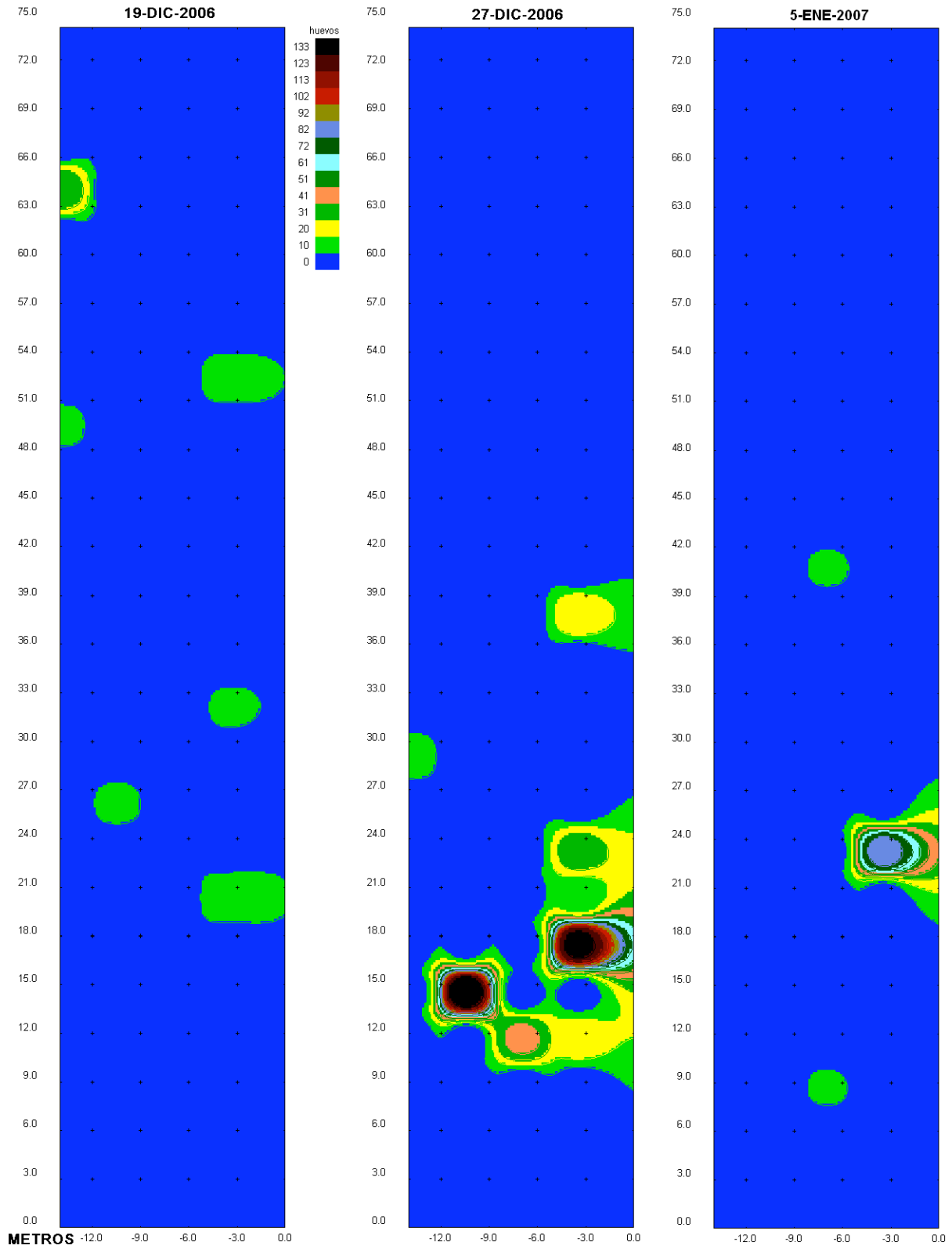


Figura 4. Superficie de respuesta de huevos de *B. cockerelli* en tres fechas. Tlayacapan, Mor.

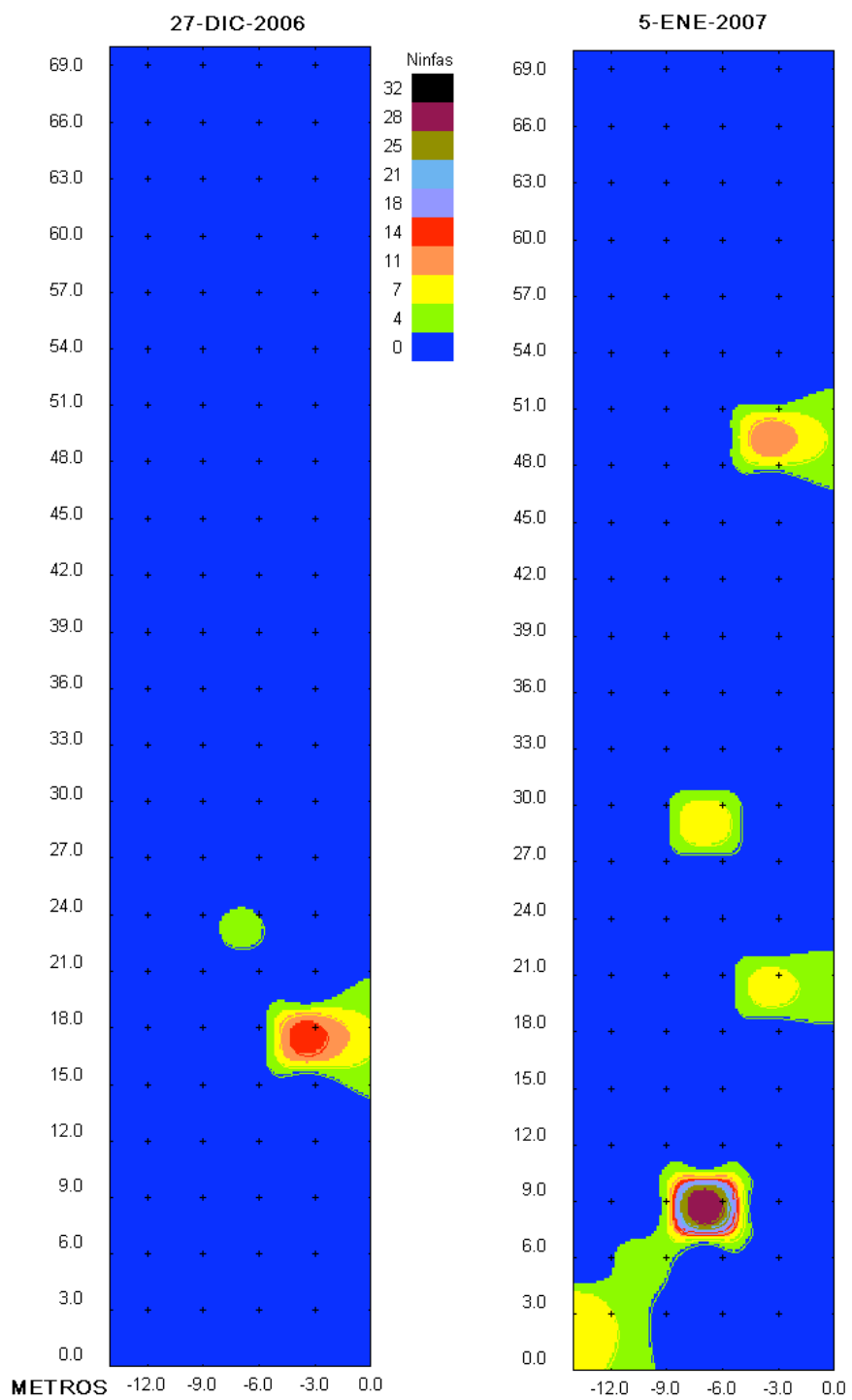


Figura 5. Superficie de respuesta de ninfas de *B. cockerelli* en dos fechas.
Tlayacapan, Mor.

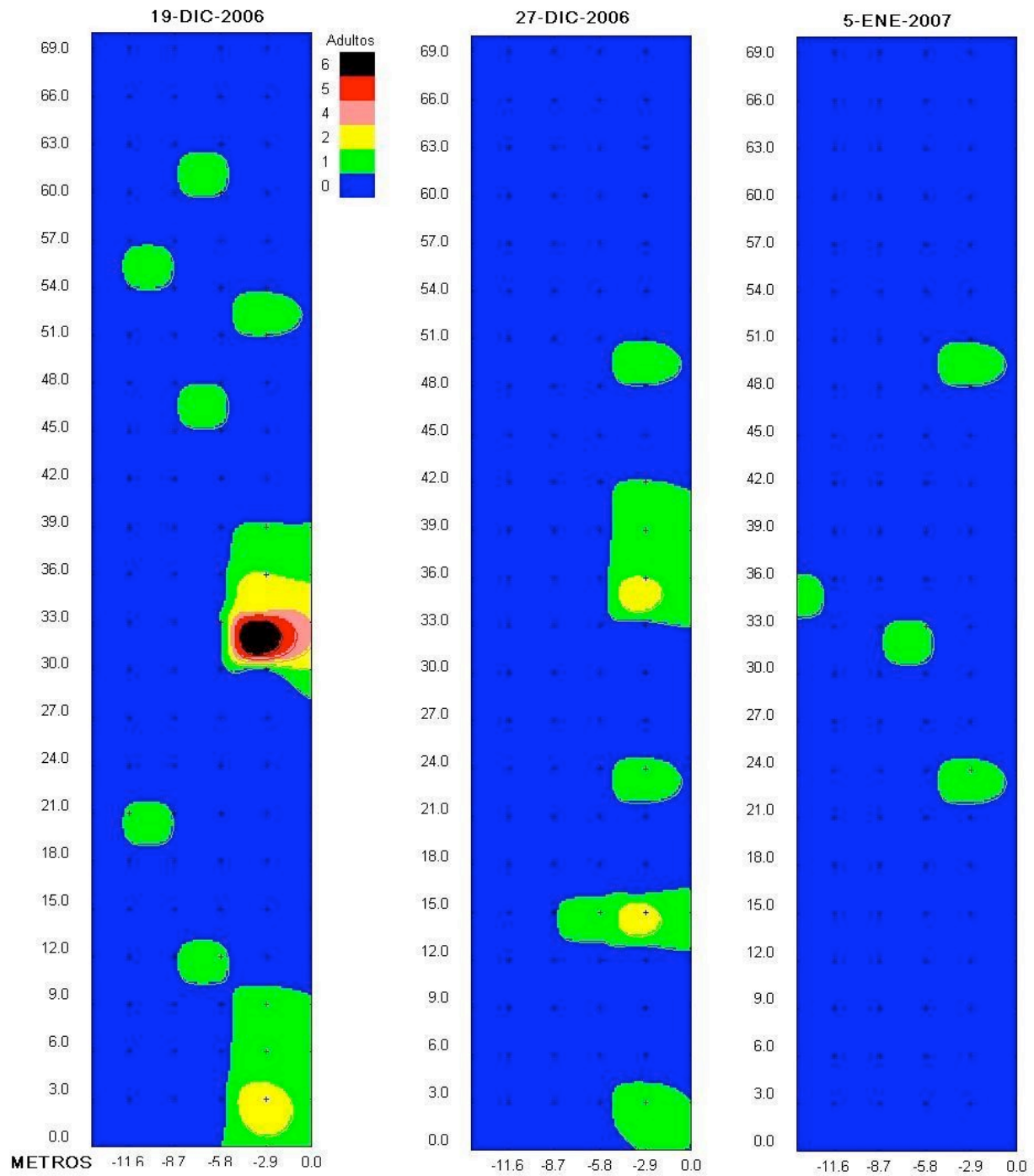


Figura 6. Superficie de respuesta de adultos de *B. cockerelli* en tres fechas. Tlayacapan, Mor.

4.2. ESTUDIO FINAL

Las condiciones meteorológicas observadas durante el periodo fueron:

- Humedad relativa media diaria: 53 %, con una oscilación entre 7 y 90 %
- Temperatura media diaria 16.7 °C
- Temperatura más baja y alta durante el periodo fueron 1.6 y 29 °C, respectivamente
- Velocidad media del viento: media 2.1 kmph
- Precipitación durante el periodo de muestreos: 191 mm

4.2.1. Disposición espacial de *B. cockerelli*

4.2.1.1. Relación Varianza/Media de adultos

Según la prueba estadística de ji-cuadrada de dos colas que evalúa la igualdad $S^2=m$ (Vera et al., 2002), los adultos del lote X-3 mostraron una disposición de contagio (Figura 7) en las fechas 28 de mayo ($X^2=80.6$, $gl=44$, $p=0.0006$) y 11 de junio ($X^2=56.4$, $gl=38$, $p=0.027$) (Cuadro 10), los mismo ocurre en las fechas 15 de mayo ($X^2=71.4$, $gl=50$, $p=0.0241$) y 12 de junio ($X^2=86.6$, $gl=42$, $p<0.001$) con del lote Chapingo (Figura 10), con valores de significancia inferiores a 0.05. Los valores de la relación varianza/media (S^2/\bar{X}) que señalan agregación fueron de 1.432 a 20.532. En el resto de las fechas analizadas se observó un patrón aleatorio (Cuadro 10). Mientras que en el lote Sn. Martín el patrón de disposición fue aleatorio en todos los casos (Cuadro 10). Los resultados, aparentemente, no mostraron ninguna analogía entre la densidad y la disposición, ya que Taylor (1984) señala que las densidades bajas, están relacionadas frecuentemente con disposiciones aleatorias, sin embargo en algunas observaciones, las densidades menores no produjeron resultados de aleatoriedad, por ejemplo el 28 de mayo-07 del lote X-3 y el 15 de mayo-07 del lote Chapingo, donde se observaron disposiciones en agregado (Cuadro 10)

Cuadro 10. Relación varianza/media de adultos y los componentes del análisis de la prueba.

Lote	Fecha	n	total	\bar{X}	S ²	S ² / \bar{X}	X ²	GI	p	Patrón
X-3	14-May-07	45	14	0.311	0.301	0.99	43.8	44	0.44	Aleatoria
	21-May-07	42	5	0.119	0.107	0.90	36.8	41	0.64	Aleatoria
	28-May-07	45	13	0.288	0.528	1.83	80.6	44	<0.001	Contagio
Chapingo	04-Jun-07	42	30	0.714	0.648	0.91	37.2	41	0.64	Aleatoria
	11-Jun-07	39	38	0.974	1.446	1.48	56.4	38	0.027	Contagio
	15-May-07	51	10	0.196	0.28	1.43	71.4	50	0.024	Contagio
	22-May-07	49	12	0.244	0.313	1.28	61.5	48	0.091	Aleatoria
	29-May-07	45	6	0.133	0.118	0.89	39.6	44	0.685	Aleatoria
San Martín	05-Jun-07	48	13	0.27	0.244	0.90	42.4	47	0.663	Aleatoria
	12-Jun-07	43	62	1.441	29.633	20.56	863.6	42	<0.001	Contagio
	14-May-07	84	17	0.202	0.211	1.04	86.6	83	0.36	Aleatoria
	21-May-07	75	8	0.106	0.123	1.16	85.8	74	0.165	Aleatoria
	28-May-07	76	33	0.434	0.488	1.12	84.3	75	0.213	Aleatoria
	04-Jun-07	64	18	0.281	0.237	0.84	53.1	63	0.808	Aleatoria
	11-Jun-07	42	14	0.333	0.276	0.83	33.9	41	0.772	Aleatoria

En general, las disposiciones espaciales de los individuos adultos varían de aleatoriedad hasta el contagio; según Taylor (1984) todas las formas de comportamiento de los individuos interactúan para formar verdadero contagio a partir de la presencia de un individuo en el campo hasta que la densidad de la población se incrementa de tal modo que afecte la presencia de otros individuos, por lo que bajas densidades de población producen disposición aleatorias, sin embargo, de acuerdo con los datos observados en la presente investigación, las bajas densidades no necesariamente producen estados de aleatoriedad en la población de esta plaga, así que el contagio observado pudo deberse al comportamiento de la plaga en respuesta a factores del ambiente, tales como la temperatura, precipitación e incluso la presencia de alguna otra plaga que se observó durante la toma de datos. Del mismo modo, el movimiento de los individuos a través del tiempo resulta ser muy dinámico tal como se observa en los mapas de superficie de respuesta (MSR) (Figuras 7, 9 y 11). Al comparar las densidades observadas de la fecha 28 de mayo 3 del lote X-3 y la fecha 4 de junio del lote Chapingo; dichas densidades son similares, sin embargo el valor de la varianza dentro de las observaciones es superior en la fecha 3 del lote X-3, en la que se encontró una disposición de contagio, mientras que en la otra fue aleatoria.

Los patrones de disposición en agregado pueden ser originados por el agrupamiento de individuos como característica de su comportamiento, también por la presencia de gradientes en la densidad de la plaga, o a un ambiente heterogéneo que propicia el agrupamiento de individuos para explotar los sitios óptimos para su supervivencia (Perry, 1998; Southwood, 1978; Soberon y Leovinsohn, 1987).

Mediante un análisis visual de los MSR es posible complementar la información del Cuadro 10, donde la disposición de los individuos es aleatoria del lote Sn. Martín (Figura 11). Aparentemente en los lotes X-3 y Chapingo, el contagio fue producido por observaciones en las que se detectaron focos de infestación (Figuras 7 y 9). En los sitios de observación donde se encontraron más de un adulto, con frecuencia, estos se estaban apareando, lo cual sugiere la existencia de un mecanismo de agregación. Cabe señalar que la escala de densidades utilizada en los MSR fue establecida de

acuerdo con la mayor cantidad de individuos contabilizados en los sitios de observación, dicha escala se ubica en la parte superior derecha de cada figura de los MSR; en el eje X e Y de cada mapa se encuentran los valores de las distancias en metros; en el caso de los MSR del lote San Martín, el área gris con una línea en zig-zag, representa la zona que no fue observada durante cada muestreo y en la parte superior de cada mapa se encuentra la distancia en metros del área no registrada (Figuras 11, 14 y 17).

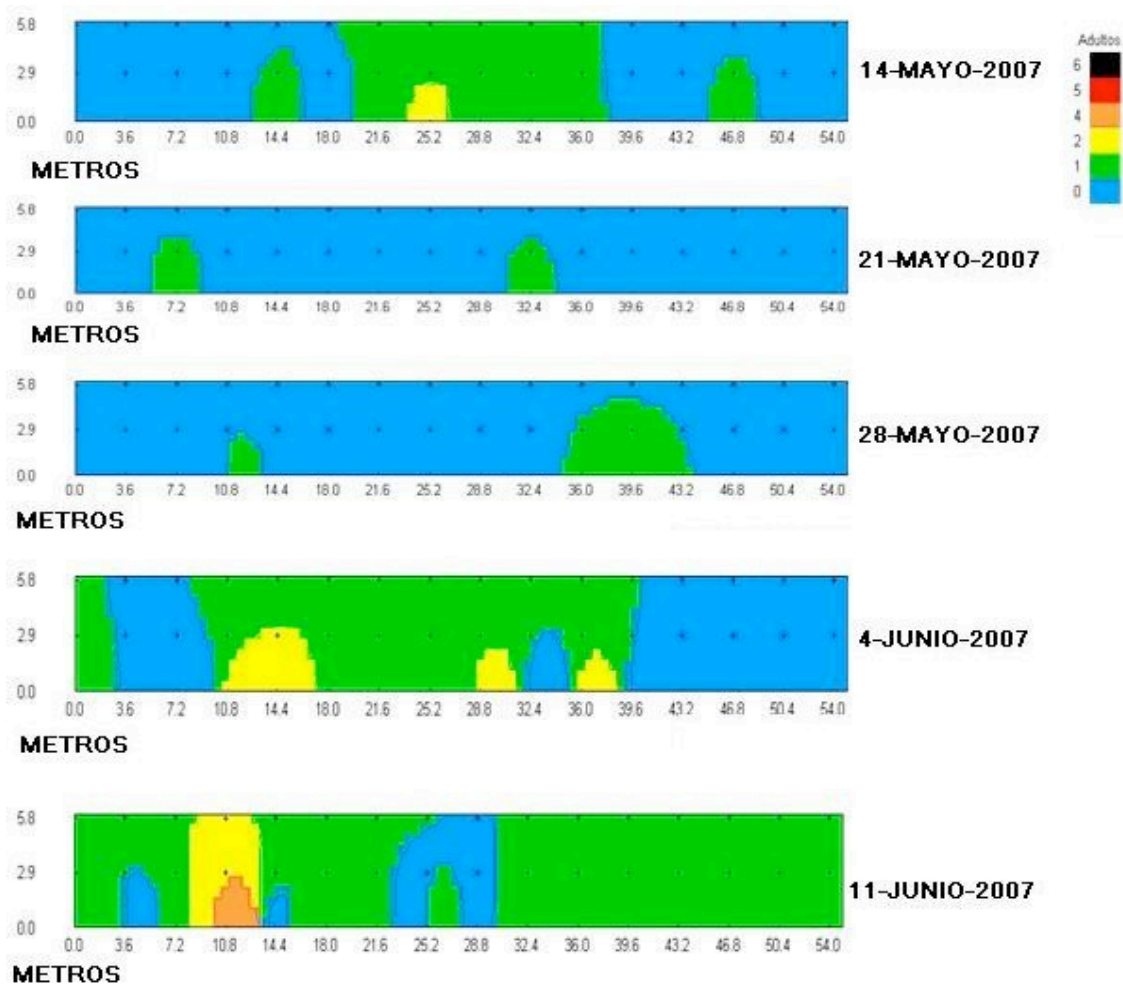


Figura 7. Superficie de respuesta de adultos en las fechas analizadas del lote X-3, Chapingo, México.



Figura 8. Vista del lote X-3, Chapingo, México.

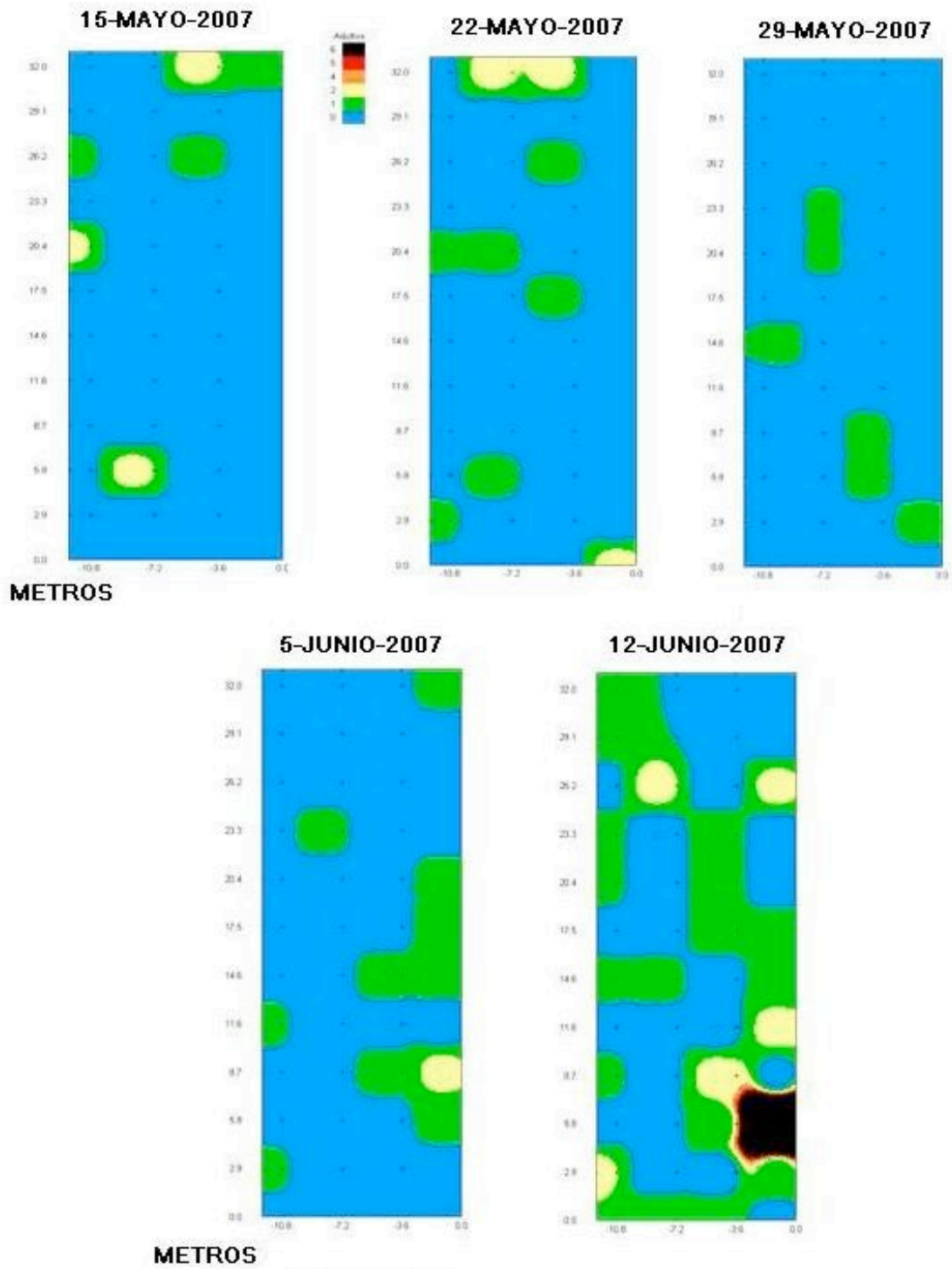


Figura 9. Superficie de respuesta de adultos en las fechas analizadas del lote Chapingo, Chapingo, México.



Figura 10. Vista del lote Chapingo, Chapingo, México.

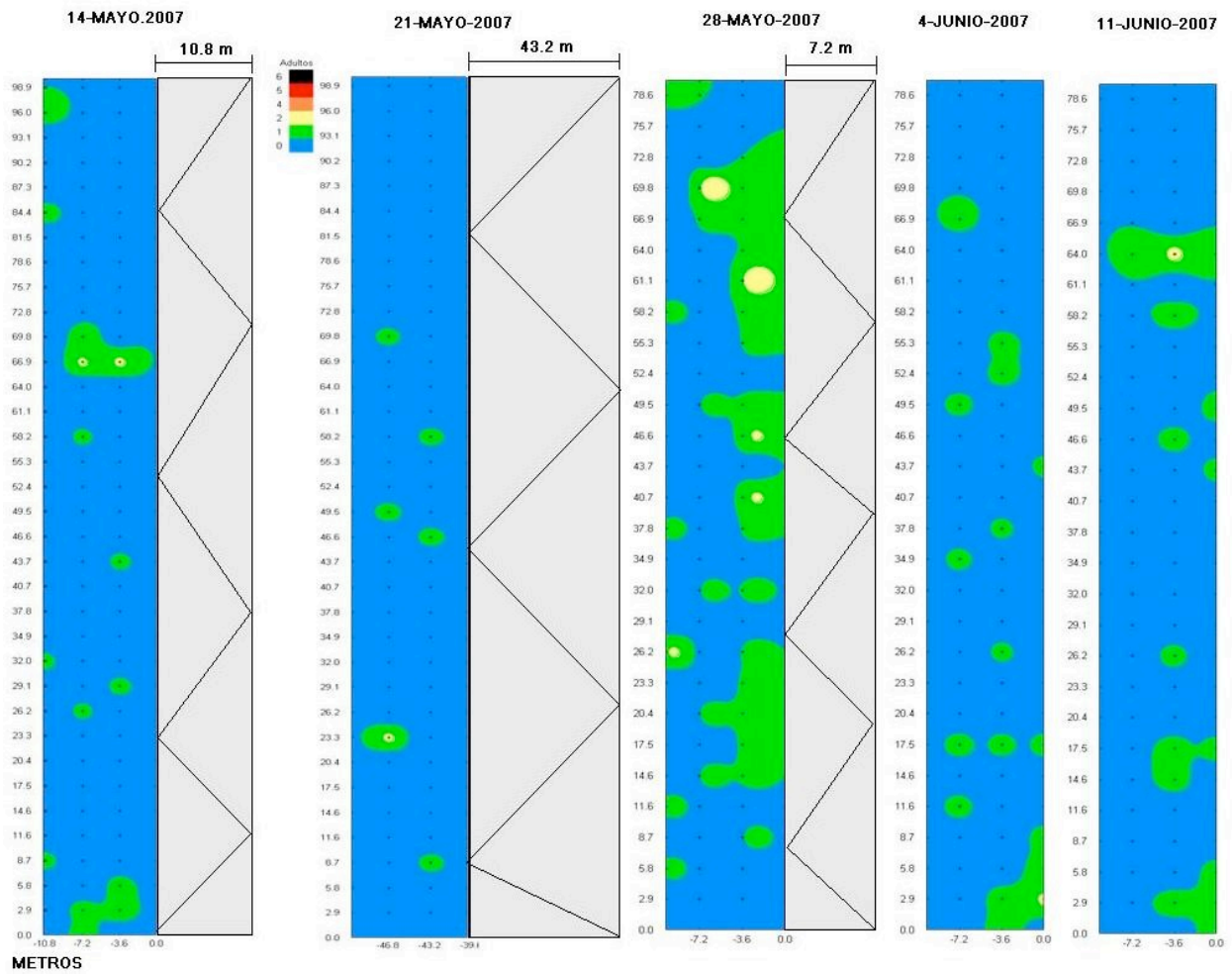


Figura 11. Superficie de respuesta de adultos en las fechas analizadas del lote Sn. Martín, Chapingo, México. La zona gris no fue muestreada.



Figura 12. Vista del lote Sn. Martín, Chapingo, México.

4.2.1.2. Relación varianza/media de Huevecillos y Ninfas

En el caso de huevos y ninfas, el valor de las varianzas de los muestreos fue en todos los casos mucho mayor que la media (Cuadro 11), por lo que la relación S^2/\bar{X} , fue de 5 a 23.5 para huevos y 1.5 a 6.7 para ninfas, con altos valores de significancia en todos los casos (Cuadro 12).

De manera general se puede observar en el Cuadro 11 y 12 que a medida que se incrementa el número de individuos por sitio de observación, es decir, la media, también se incrementa la varianza, por ejemplo, en el caso de ninfas para el lote X-3 se obtuvo una media de 2.35 con una varianza de 28.52 y otra media de 11.564 con una varianza de 272.3 en las fechas dos y cinco, respectivamente. Dicha situación es similar para el caso de ninfas para cualquier lote, lo que denota la existencia de un verdadero contagio en dichos estados biológicos de la plaga, gracias a la nula y reducida movilidad de huevos y ninfas respectivamente.

Cuadro 11. Relación varianza/media de huevos y componente del análisis de la prueba.

Lote	Fecha	n	total	\bar{X}	S^2	S^2/\bar{X}	X^2	GI	p	Patrón
	14-									
X-3	May-07 21-	45	97	2.155	33.088	15.3	675.5	44	<0.001	Contagio
	May-07 28-	42	99	2.357	28.527	12.1	496.2	41	<0.001	Contagio
	May-07 04-Jun-07 11-Jun-07 15-	45 42 39	153 254 451	3.4 6.047 11.564	37.109 93.14 272.3	10.9 15.4 23.5	43.6 631.5 894.7	44 41 38	<0.001 <0.001 <0.001	Contagio Contagio Contagio
Chapingo	May-07 22-	51	49	0.967	7.078	7.3	365.9	50	<0.001	Contagio
	May-07 29-	49	71	1.448	7.252	5	240.3	48	<0.001	Contagio
	May-07 05-	45	134	2.977	34.567	11.6	510.8	44	<0.001	Contagio
San Martín	May-07 12-	48	125	2.604	27.903	10.7	503.6	47	<0.001	Contagio
	May-07 14-	43	85	1.976	24.689	12.5	524.7	42	<0.001	Contagio
	May-07 21-	84	31	0.369	2.91	7.8	654.5	83	<0.001	Contagio
	May-07 28-	75	327	4.36	54.5	12.5	925	74	<0.001	Contagio
	May-07	76	281	3.697	55.697	15.1	1130	75	<0.001	Contagio

04-Jun-07	64	355	5.546	117.299	21.1	1332.4	63	<0.001	Contagio
11-Jun-07	42	203	4.833	94.288	19.5	799.8	41	<0.001	Contagio

Cuadro 12. Relación varianza/media de ninfas y componentes del análisis de la prueba.

Lote	Fecha	n	total	\bar{X}	S^2	S^2/\bar{X}	χ^2	GI	p	Patrón
X-3	14-May-07	45	11	0.244	1.325	5.4	238.9	44	p<0.001	Contagio
	21-May-07	42	12	0.285	0.696	2.4	100.1	41	7.70E-07	Contagio
	28-May-07	45	80	1.777	11.914	6.6	295	44	p<0.001	Contagio
Chapingo	04-Jun-07	42	30	0.714	1.135	1.5	65.1	41	0.00946	Contagio
	11-Jun-07	39	69	1.769	6.445	3.6	138.4	38	2.40E-13	Contagio
	15-May-07	50	16	0.32	2.303	7.1	359.8	49	p<0.001	Contagio
	22-May-07	49	29	0.591	2.704	4.5	219.6	48	p<0.001	Contagio
	29-May-07	45	67	1.488	5.664	3.8	167.4	44	2.70E-16	Contagio
San Martín	05-May-07	48	77	1.604	5.222	3.2	153	47	3.70E-13	Contagio
	12-May-07	43	96	2.232	7.277	3.2	136.9	42	5.40E-12	Contagio
	14-May-07	84	3	0.035	0.058	1.6	137.5	83	0.000177	Contagio
	21-May-07	75	25	0.333	1.171	3.5	260.2	74	p<0.001	Contagio
	28-May-07	76	94	1.236	4.956	4	300.7	75	p<0.001	Contagio
	04-Jun-07	64	54	0.843	2.165	2.5	161.7	63	1.20E-10	Contagio
	11-Jun-07	42	105	2.5	16.987	6.7	278.5	41	p<0.001	Contagio

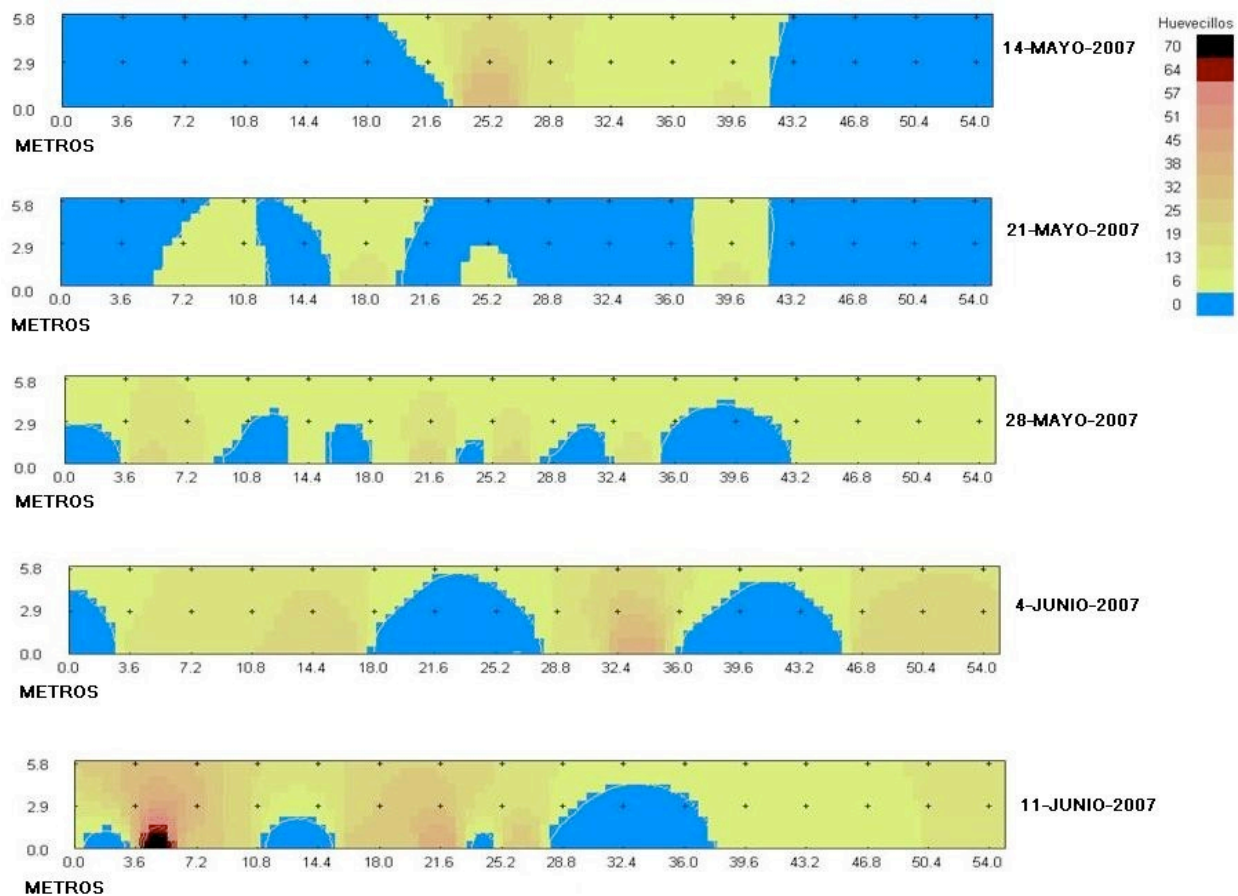


Figura 13. Superficie de respuesta de huevos del lote X-3, Chapingo, México.

De acuerdo a los resultados obtenidos por la relación S^2/\bar{X} , los huevos y ninfas de *B. cockerelli* presentan una disposición de contagio en todas las fechas y en todos los lotes con diferencias altamente significativas (Cuadro 12). Aunque los focos de infestación fueron aparentemente reducidos en las primeras fechas (Figuras 13 a 18), fueron suficientes para la prueba de χ^2 detectara contagio en las observaciones.

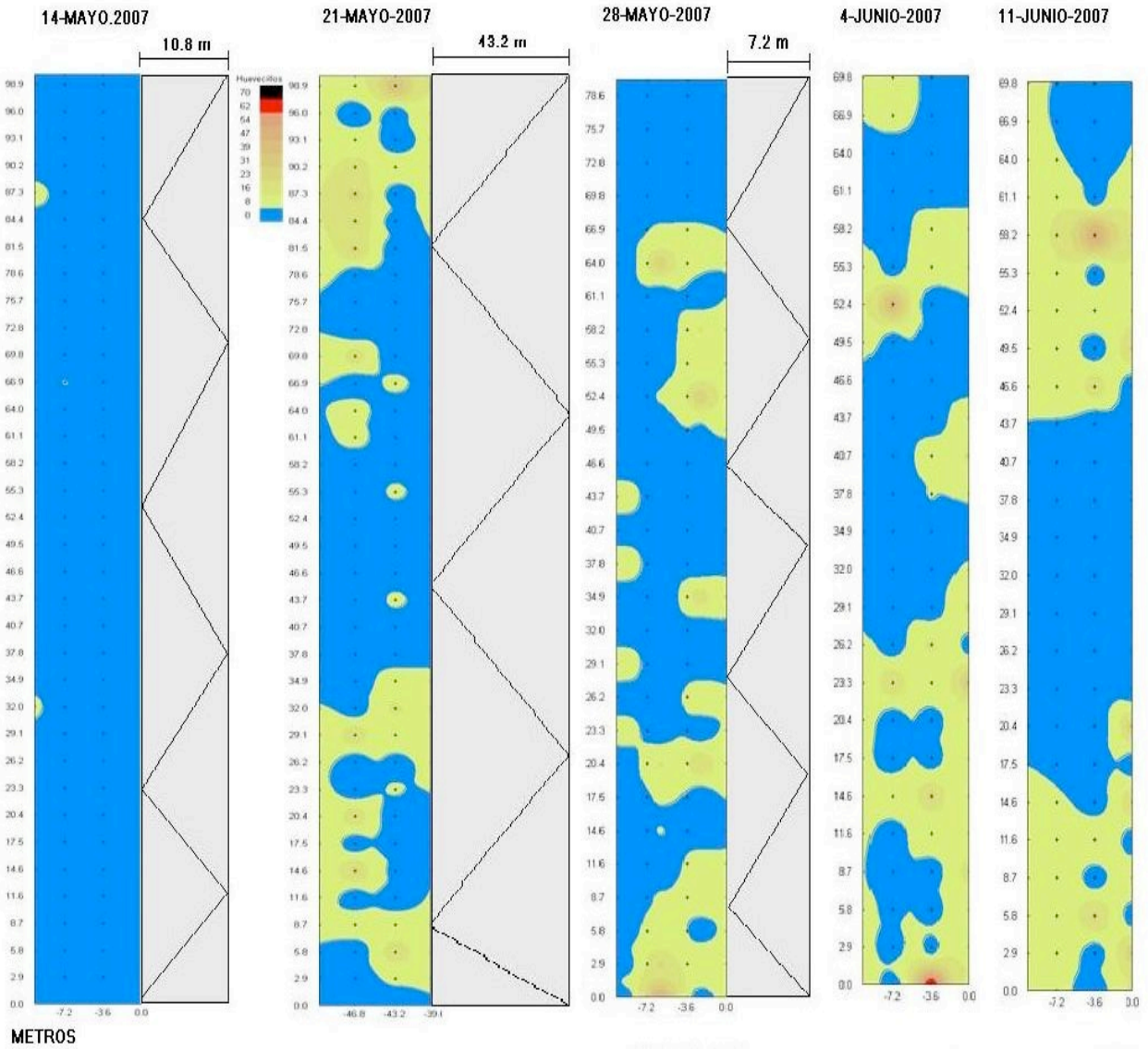


Figura 14. Superficie de respuesta de huevos del lote San. Martín, Chapingo, México.

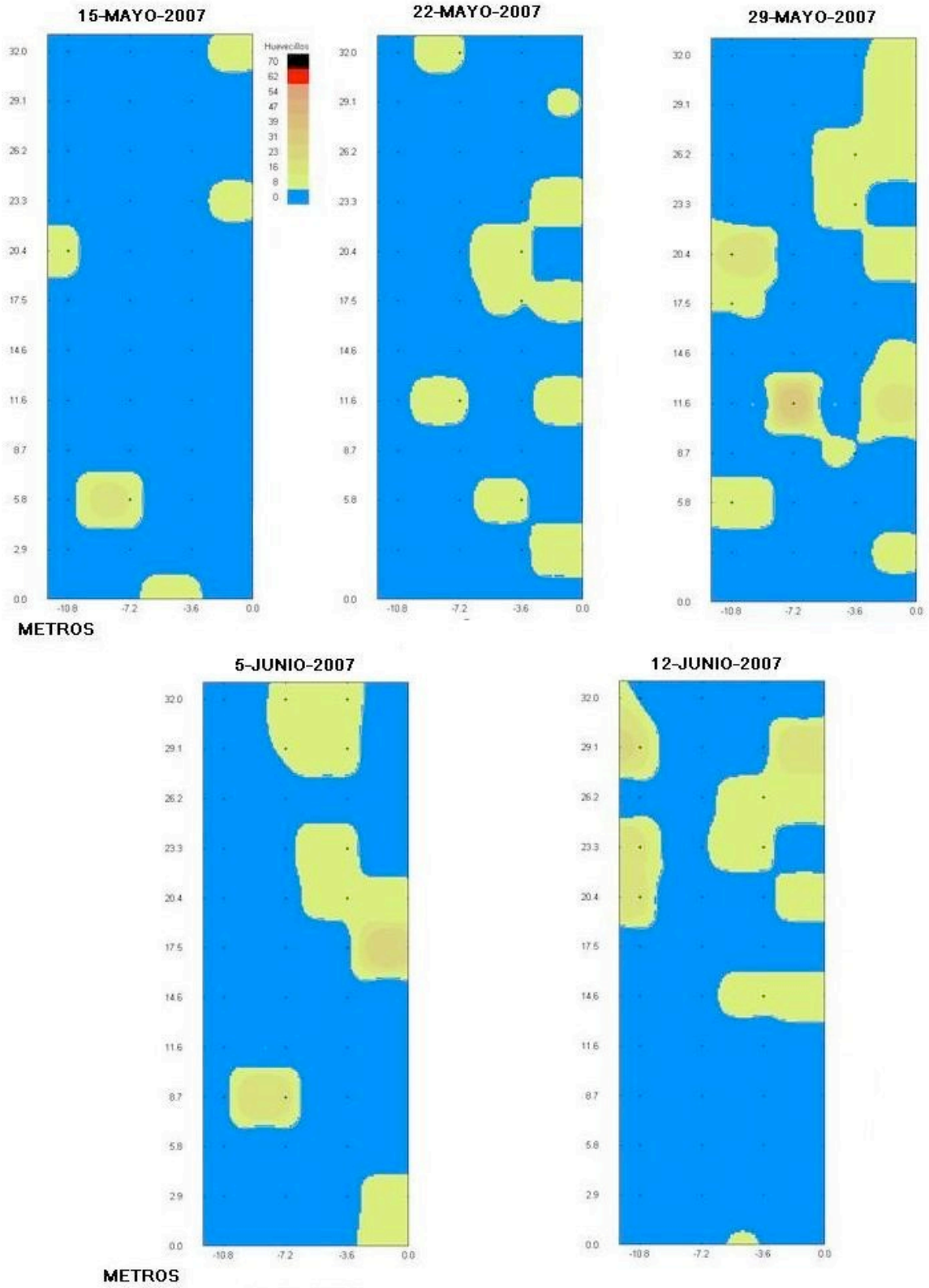


Figura 15. Superficie de respuesta de huevos del lote Chapingo, Chapingo, México.

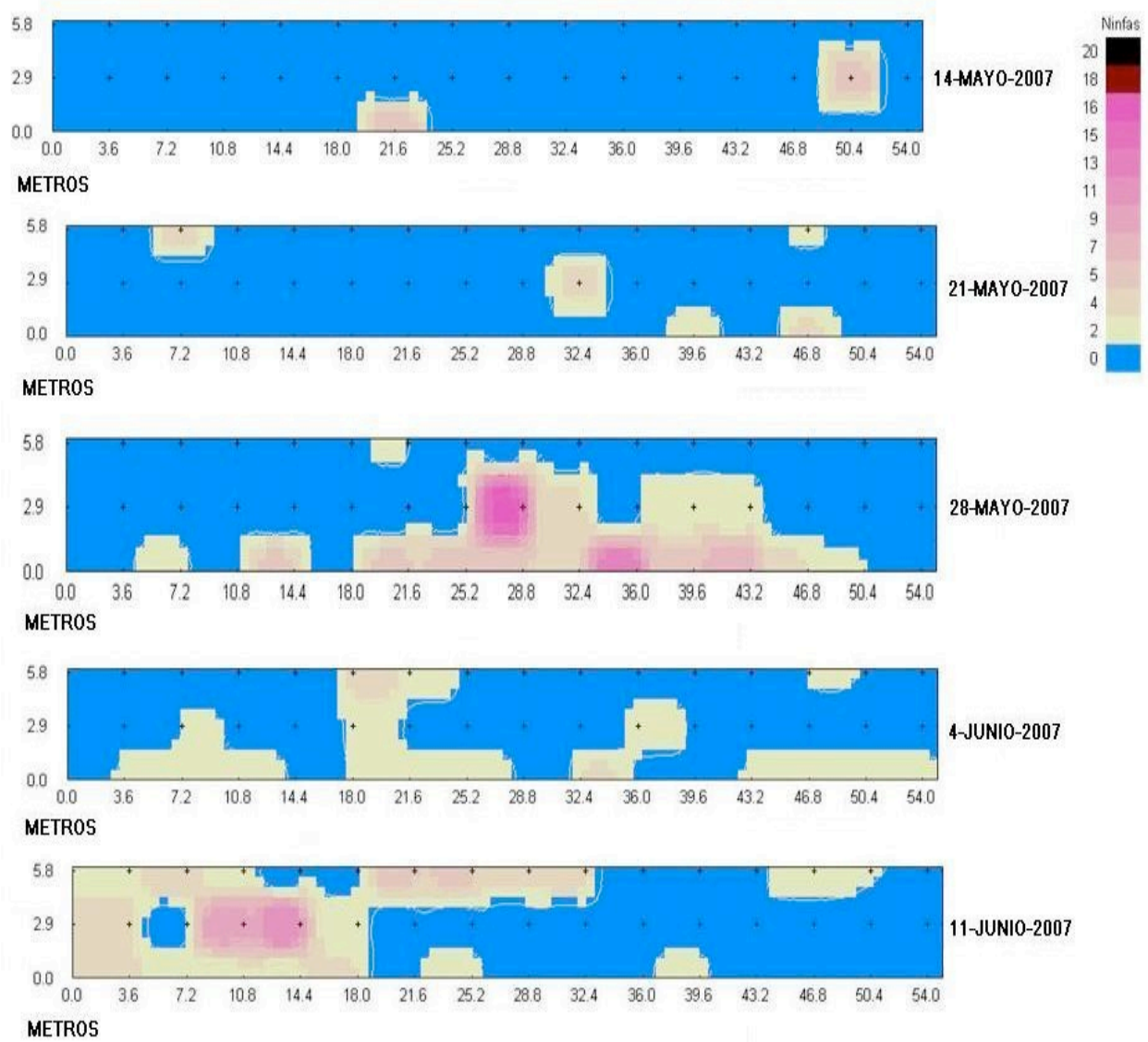
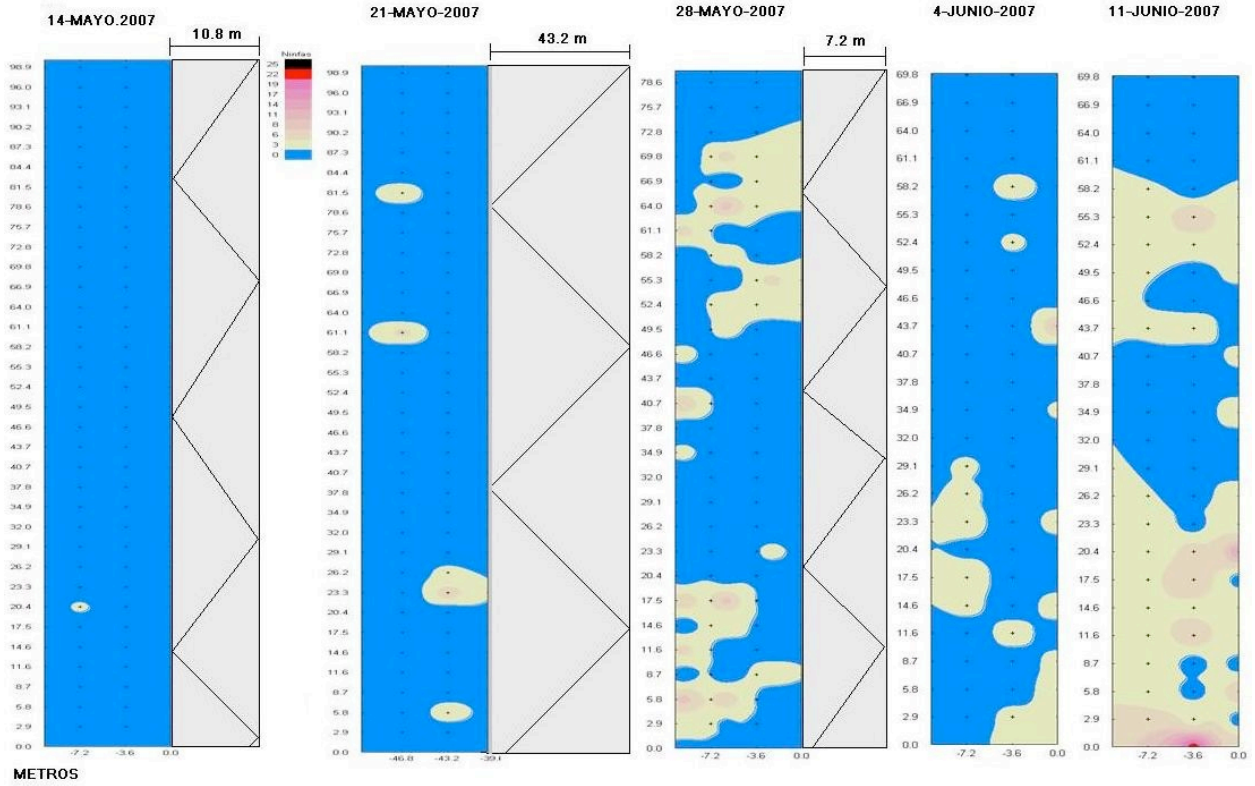


Figura 16. Superficie de respuesta de ninfas del lote X-3, Chapingo, México.



Fecha 17. Superficie de respuesta de ninfas del lote Sn. Martín, Chapingo, México.

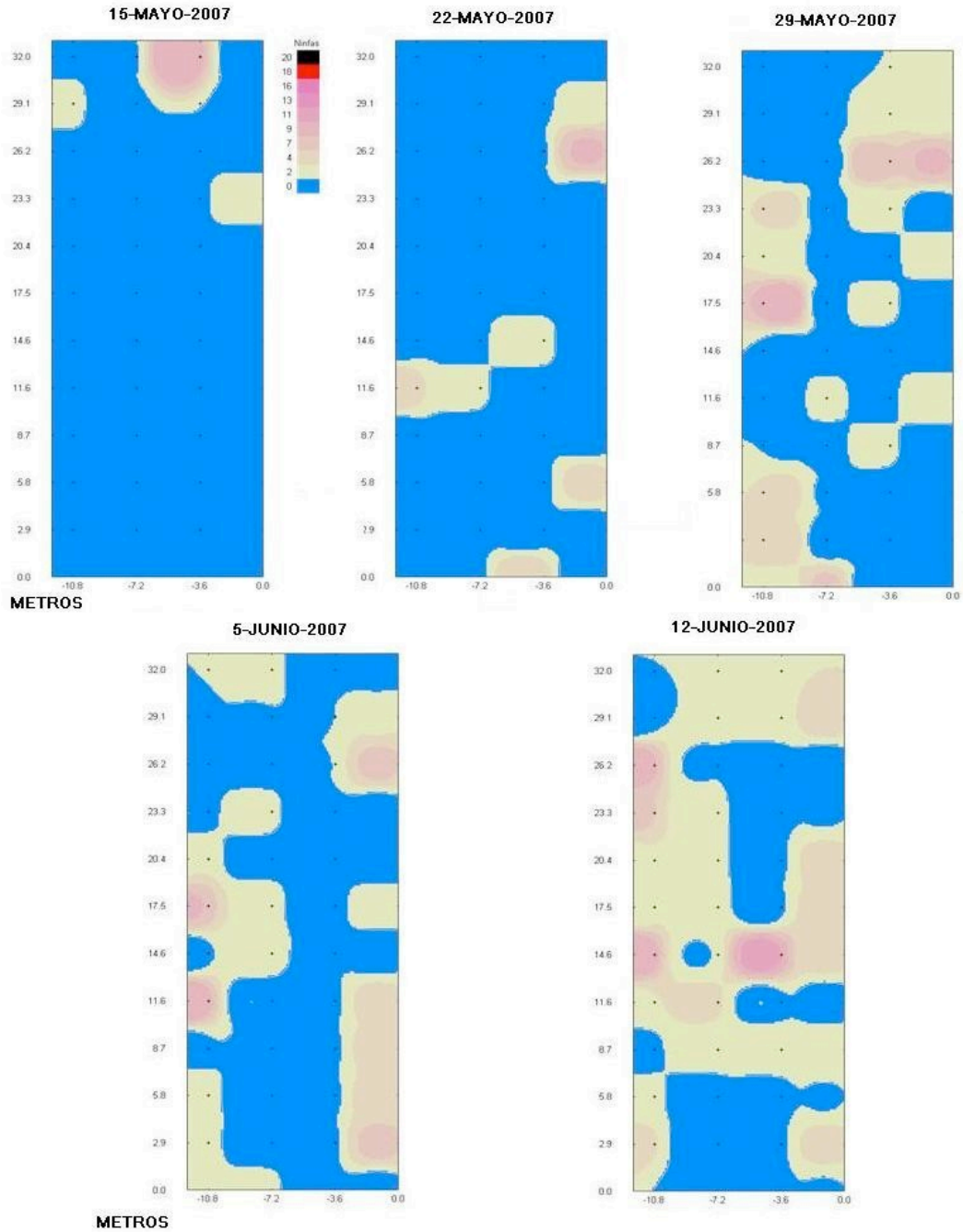


Figura 18. Superficie de respuesta de ninfas en las fechas analizadas del lote Chapingo, Chapingo, México.

La disposición en agregado de huevos y ninfas se debe a los hábitos de oviposición de la hembra, la cual coloca huevos en grupos a lo largo del limbo de las hojas o en el envés de las mismas, por lo que al momento de la toma de datos se contabilizan

muchos individuos por sitio de muestreo, y da por resultados valores elevados de la varianza en comparación con la media.

4.2.1.3. Ley de la Potencia de Taylor para adultos

Los resultados que se obtuvieron a partir de la Ley de Potencia de Taylor (LPT), señalaron un patrón espacial de los adultos del tipo aleatorio en los lotes X-3 y Sn. Martín, con un valor de b igual a 1.1 ($H_0: b=1$, $t=0.46$, $gl=4$ y $p=0.675$) y 0.89 respectivamente, ($H_0: b=1$, $t=-0.698$, $gl=4$, $p=0.535$), mientras que en el lote Chapingo la disposición observada fue de contagio con un valor de b igual a 2.3 ($H_0: b=1$, $t=5.519$, $gl=4$ y $p=0.011$) (Cuadro 13).

Cuadro 13. Parámetros de la LPT para adultos de *B. cockerelli*.

Parámetro	Lote					
	X-3	Patrón	Ch	Patrón	Sn. M.	Patrón
Adultos						
b	1.1	Aleatorio	2.38	Contagio	0.898	Aleatorio
a	1.3		10.36		0.916	
R²	0.895		0.967		0.926	
Valor de P	0.681		0.011		0.535	

El alto grado de agregación ocurrido en la fecha 5 (Figura 10) del lote Chapingo, propició una gran variación respecto de la media de esa misma fecha (Cuadro 11), dando como resultado una relación S^2/\bar{X} de 20.532. Y como se mencionó anteriormente, entre más grande sea la varianza respecto de la media, mayor es la agregación. Esta gran diferencia pudo propiciar que el procedimiento de la LPT, en el lote Chapingo, haya arrojado resultados que indican agregación; esta disposición, sugiere la existencia de la existencia de mecanismos de agregación en el estado adulto de la plaga, uno de ellos puede ser el apareamiento, ya que en las observaciones donde se contabilizó más de un individuo, estos, con frecuencia se estaban apareando. En los lotes restantes, la disposición aleatoria empató con los resultados obtenidos en el estudio preliminar.

4.2.1.3. Ley de la Potencia de Taylor para huevos y ninfas

Por otro lado, los parámetros de la LPT para huevos y ninfas señalan diferencias en la disposición espacial de estos últimos (Cuadro 14), en el Cuadro 19 se muestran el valor de los grados de libertad y de probabilidad de la prueba de t para la $H_0: b=1$. Las diferencias observadas pueden estar relacionadas con las variaciones meteorológicas observadas durante la investigación, ya que la oscilación térmica diaria durante la investigación fue de hasta 20.1 °C, esta variación en temperatura influyó seguramente en el desarrollo de los individuos, ya que de acuerdo con los datos reportados por Marín (2002) el desarrollo de la plaga se completa en 17 días a 29 °C mientras que a 16 °C el ciclo se concluye en 35 días, lo que se acerca mucho a la temperatura media observada durante la investigación. También es posible que las rachas de viento observadas, hayan influido en la disposición de los adultos, lo que a su vez pudo influir en los sitios de oviposición. Adicionalmente, habrá que considerar que la precipitación fue de gran intensidad durante la toma de datos, afectando especialmente la presencia huevos y ninfas en los sitios de observación, ya que al estar expuestos en los brotes pudieron haber sido distribuidos y desplazados por las gotas de lluvia. Las diferencias de la disposición espacial de huevos y ninfas, puede deberse a que las densidades no fueron suficientes para que la LPT detectara contagio, mientras que el índice varianza/ media si lo detectó, en todas las fechas, y en todos los lotes.

Cuadro 14. Parámetros de la LPT para huevos y ninfas de *B. cockerelli*.

Estado biológico	Parámetro	Lotes					
		X-3	Patrón	Sn. M.	Patrón	Ch	Patrón
Huevecillos	b	1.323	Aleatorio	1.310	Contagio	1.57	Aleatorio
	a	9.411		10.486		6.263	
	R²	0.96		0.985		0.869	
	Valor de P	0.128		0.042		0.19	
Ninfas	b	1.134	Aleatorio	1.278	Contagio	0.607	Regular
	a	3.661		4.031		4.217	
	R²	0.782		0.985		0.964	
	Valor de P	0.723		0.054		0.009	

Cuadro 15. Valor de t , grados de libertad (Gl), y de la probabilidad de significancia para $H_0: b=1$ de huevos y ninfas.

Estado biológico	Lote	Valor de t	Gl	Valor de P
Huevos	X-3	2.081	4	0.12867
	Sn. Martin	3.4141	4	0.042024
	Chapingo	1.638	4	0.1999
Ninfas	X-3	0.38906	4	0.72321
	Sn. Martin	3.0612	4	0.054941
	Chapingo	-5.8703	4	0.00986

Por otro lado, Taylor (1982) señala que cuando se tienen $\sigma^2 > 4$ y $\mu > 2$ los patrones se pierden y son difusos, sin embargo, si se considera que en la medida en que la varianza sea mayor que la media, esta relación denotará un alto grado de agregación, por lo que no sería un patrón difuso, sino, claramente agregado, tal como ocurre en los huevecillos y ninfas con la relación varianza/media.

El modelo de Taylor por su naturaleza empírica, es enteramente descriptivo, además de que no es consistente la premisa de que el parámetro b es característico de la especie, el cual está determinado por comportamiento de los individuos (Anderson, *et al.*, 1982; Dowing, 1986; Thórarinnsson, 1985; Hanski, 1987; Soberón y Loevinsohon, 1987; Kuno, 1991), sin embargo, la LPT puede ser bien empleada, cuando sobre un amplio rango de m valores de medias (Kuno, 1991), además de que ha sido empleado en una gran cantidad de especies (Taylor, 1984) es un método robusto, de amplia utilización y de mayor aceptación (Vera *et al.*, 2002) para la descripción de la disposición espacial de las especies.

Las discrepancias del parámetro b señalan que su aplicación no puede ser indiscriminada debido a las diferencias observadas, ya que, incluso, dentro de una misma localidad indicó diferentes patrones de disposición espacial. En estos casos, es conveniente complementar el procedimiento de la LPT con otros índices, como por ejemplo, la relación varianza/media, para corroborar los resultados obtenidos.

Debido a la variabilidad observada en los resultados obtenidos se recomienda realizar mas estudios de este tipo para corroborar si esta variabilidad en los patrones de disposición es peculiar de *B. cockerelli* o fue debida, ya sea a los tamaños de muestra empleados durante el trabajo o a las densidades que se encontraron en el campo; ya que Taylor (1984) señala que cuando en las observaciones se encuentran sitios sin individuos, las densidades son bajas o los tamaños de muestra son pequeños, la varianza tiende a ser igual a la media, por lo que esto denotaría un patrón pseudoaleatorio, y esto puede conducir a una mala interpretación de los valores de la LPT.

5. CONCLUSIONES

- El color naranja neón resultó ser menos atractivo para la captura de adultos de *B. cockerelli* respecto al naranja neón, verde neón y amarillo.
- En las condiciones de Chapingo, México, el patrón de disposición espacial de *B. cockerelli* en el cultivo de tomate bajo las condiciones de Chapingo, México muestra diferentes facetas. Con los resultados de la relación varianza/media se puede concluir que mientras los individuos adultos tienden a la aleatoriedad, los huevos y ninfas tienden a la agregación gracias a los hábitos de oviposición de las hembras y al reducido movimiento de las ninfas.
- De acuerdo a los resultados obtenidos a partir de la LPT, las tres poblaciones de la plaga, en sus diferentes estados biológicos, fueron muy variables entre sí en cuanto a su disposición espacial y posiblemente influidos por las diferencias del ambiente observadas durante la toma de datos, por lo que la aplicación de la LPT fue útil como un procedimiento descriptivo de la disposición espacial de *B. cockerelli* en cada uno de los lotes examinados, es decir que este método sólo señaló las tendencias generales de la disposición de la plaga en cada parcela experimental.
- Es necesario realizar estudios en otras condiciones para verificar si la variabilidad de resultados en cuanto a la disposición espacial es inherente a la plaga.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Al-Jabr, A. M.** 1999. Integrated pest management of tomato / potato psyllid, *Paratrioza cockerelli* (Sulc) (Homoptera: Psyllidae) with emphasis on its importance in greenhouse grown tomatoes. Ph.D. Dissertation. Department of Bioagricultural Sciences and Pest Management. Colorado State University, USA. 76 pp.
- Anderson R. M.; D. M. Gordon; M. J. Crawley and M. P. Hassell.** 1982. Variability in the abundance of animal and plant species. *Nature* 296:245-248.
- Anónimo.** 2003. Manejo integrado del pulgón saltador en jitomate en el Estado de San Luis Potosí. Folleto técnico No. 22. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. SAGARPA. San Luis Potosí, México. 13 pp.
- Avilés G. M. C., J. A. Garzón T., T. A. Marín y M. P. H. Caro.** 2002. El psílido del tomate *Paratrioza cockerelli* (Sulc): biología, ecología y su control. *In:* Taller sobre *Paratrioza cockerelli* Sulc.: Como plaga y vector de fitoplasmas en hortalizas. Fundación Produce Sinaloa. Comité Estatal de Sanidad Vegetal Sinaloa. Culiacán, México. 21-35 p.
- Bautista M. N.** 2007. Manual de producción de tomate de cáscara. Gobierno del Estado de Puebla.
- Bispo P. C.; C. G. Froehlich and L. G. Oliveira.** 2002. Spatial distribution of plecoptera nymphs in stream of a mountainous area of central Brazil. *Braz. J. Biol.* 62(3):409-417.
- Bujanos M. R., J. A. Garzón T. y A. Marín J.** 2005. Manejo integrado del pulgón saltador *Bactericera* (= *Paratrioza*) *cockerelli* (Sulc.) (Hemiptera: *Triozidae*) en

los cultivos de Solanáceas en México. *In*: Pest Management of Second World Pepper Convention. Consejo Nacional de Productores de Chile. Tampico, México. p 93-99.

Carter, R. D. 1950. Toxicity of *Paratrioza cockerelli* to certain solanaceous plants. University of California, USA. PhD dissertation. 128 pp.

Castillo M. L E. 2005. Elementos de muestreo de poblaciones. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 267 pp.

D'Arci, W. G. 1979. The classification of the solanaceae. *In*: J. G. Hawkes; R. N. Lester and A. D. Skeiding (eds.). The Biology and Taxonomy of the Solanaceae. Academic Press. London. pp. 3-47.

Dowing J. A. 1986. Spatial heterogeneity: evolved behaviour or mathematical artifact? *Nature* 323:255-257.

Garzón T. J. A. 2002. El "pulgón saltador" o la *paratrioza*, una amenaza para la horticultura de Sinaloa. *In*: Taller sobre *Paratrioza cockerelli* Sulc.: Como plaga y vector de fitoplasmas en hortalizas. Fundación Produce Sinaloa. Comité Estatal de Sanidad Vegetal Sinaloa. Culiacán, México. 9-12 p.

Garzón T. J. A., C. A. Garza y R. Bujanos M. 1986. Determinación del insecto vector de la "enfermedad del permanente del tomate" (*Lycopersicon esculentum* Mill) en la región del Bajío. *In*: XIII Congreso Nacional de Fitopatología. Sociedad Mexicana de Fitopatología. Tuxtla Gutierrez Chiapas, México. 30 p.

González A. J. 1994. Índices de diversidad poblacional y entomofauna asociada al cultivo de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot), su fenología y rendimiento bajo sistemas de labranza de conservación y convencional en

Chapingo, México. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. pp 47-96

Hanski I. 1987. Cross-correlation in population dynamics and the slope of spatial variance-mean regressions. *Oikos* 46(1):70-81.

Iwao S. 1968. A new regression method for analyzing the aggregation pattern of animal population. *Res. Popul. Ecol.* 10: 1-20.

Kirchner S. M., T. F. Döring y H. Saucke. 2005. Evidence for trichromacy in the green peach aphid, *Myzus persicae* (Sulz.) (Hemiptera: Aphididae). *J. of Insect Physiology* 51(11):1255-1260.

Kuno E. 1991. Sampling and analysis of insect populations. *Annu. Rev. Entomol.* 1991. 36:285-304.

Liu D. y J. T. Trumble. 2006. Ovipositional preferences, damage thresholds, and detection of the tomato-potato psyllid *Bactericera cockerelli* (Homoptera: Psyllidae) on selected tomato accessions. *Bulletin of Entomological Research* 96: 1-8

López-Collado. J. 2004. Principios del muestreo fitosanitario. Laboratorio de Inteligencia Artificial y Sistemas de Información en Agricultura. Colegio de Postgraduados campus Veracruz. Veracruz, México. 20 p.

Marín J. A. 2002. Características morfológicas y aspectos biológicos del psílido del tomate *Bactericera cockerelli* (Sulc) (= *Paratrioza cockerelli*). *In: Taller sobre Paratrioza cockerelli* Sulc.: Como plaga y vector de fitoplasmas en hortalizas. Fundación Produce Sinaloa. Comité Estatal de Sanidad Vegetal Sinaloa. Culiacán, México. 47-55 p.

- Marín J. A., J. A. Garzón T., A. Becerra F., C. Mejía A., R. Bujanos M. y K. F. Byerly M.** 2002. Ciclo biológico y morfología del salerillo *Paratrioza cockerelli* (sulc) (Homoptera:Psyllidae), vector de la enfermedad “permanente del jitomate” en el Bajío. *In: Taller sobre Paratrioza cockerelli* Sulc.: Como plaga y vector de fitoplasmas en hortalizas. Fundación Produce Sinaloa. Comité Estatal de Sanidad Vegetal Sinaloa. Culiacán, México. 37-45 p.
- Maron J. L. and S. Harrison.** 1997. Spatial pattern formation in an insect host-parasitoid system. *Science* 278:1619-1621.
- Nava C. U.** 2002. Muestreo, monitoreo y umbrales económicos del psílido del tomate *Paratrioza cockerelli* (Sulc). *In: Taller sobre Paratrioza cockerelli* Sulc.: Como plaga y vector de fitoplasmas en hortalizas. Fundación Produce Sinaloa. Comité Estatal de Sanidad Vegetal Sinaloa. Culiacán, México. 57-77 p.
- Peña L., A. y J. F. Santiaguillo H.** 1999. Variabilidad genética de tomate de cáscara en México. Boletín Técnico #2. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 26 p.
- Perry, J.N. and Dixon, P.** 2002 A new method to measure spatial association for ecological count data. *Ecoscience*, 9(2), 133-141.
- Perry, J. N.** 1998. Measures of spatial pattern and spatial association for insect counts. *In: Population and community ecology for insect management and conservation. Proceedings of the ecology and population dynamics section of the 20th international congress of entomology.* Florence, Italy.
- Pletsch, D. J.** 1947. The potato psyllid *Paratrioza cockerelli* (Sulc), its biology and control. *Montana Agric, Exp. Sta. Bull.* 446-95.

- Richards B. L.** 1928. A new and destructive disease of the potato in Utah and its relation to potato psylla. *Phytopathology*, 18:149-141.
- Sahagún C. J.** 1994. *Estadística descriptiva y probabilidad: una perspectiva biológica*. Ed. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Edo. de México. 340 p.
- Sheaffer L. R., W. Mendenhall y L. Ott.** 1986. *Elementos de muestreo*. Grupo Editorial Iberoamericano. D. F., México.
- Soberón M. J. and M. Loevinsohn.** 1987. Patterns of variations in the numbers of animal populations and the biological foundations of Taylor's law of the mean. *Oikos* 48(3):249-252.
- Southwood T. R. E.** 1978. *Ecological Methods*. Chapman and Hall. London, England. 391 p.
- Suarez L., A. Molina, F. Murua.** 2007. Evaluación de colores para la oviposición de *Ceratitis capitata* (Diptera, Tephritidae) en Argentina. *Rev. peru biol.*, dez. 14(2):291-294.
- Taylor L. R.** 1961. Aggregation, variance and the mean. *Nature*. 189:732-735.
- Taylor L. R. and I. P. Woiwod.** 1982. Comparative synoptic dynamics. I. Relationships between inter- and intra-specific spatial and temporal variance/mean population parameters. *J. Anim. Ecol.* 51:879-906.
- Taylor L. R.** 1984. Assessing and interpreting the spatial distributions of insect populations. *Ann. Rev. Entomol.* 29:321-357.
- Thórarinsson K.** 1986. Population density and movement: a critique of Δ -models. *Oikos* 46(1):70-81.

- Tripet F.; P. Christe and A. P. Moller.** 2002. The importance of host spatial distribution for parasite specialization and speciation: a comparative study of bird fleas (Siphonaptera: Ceratophyllidae). *J. Anim. Ecol.* 71:735-748
- Trumper E. V.** 2004. Bases para el diseño de planes de muestreo de plagas. *In: Serie: Modelos bioeconómicos para la toma de decisiones de manejo de plagas, 2:* 16-23. INTA. Manfredi, Argentina.
- Velásquez V. R., E. González G., C. A. García D., F. Esquivel V. y M. M. Medina A.** 2005. Avances de investigación sobre *Bactericera cockerelli* Sulc. en Aguascalientes. *In: Pest Management of Second World Pepper Convention.* Consejo Nacional de Productores de Chile. Tampico, México. 130-135 p.
- Vera G. J., V. Manuel P., J. López C. y R. Reyna R.** 2002. Ecología de poblaciones de insectos. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México. 137 p.