

VIGILANCIA ENTOMOLÓGICA DE *Culex quinquefasciatus* Say, 1823, VECTOR DE ENFERMEDADES ARBOVIRALES EN LA ZONA URBANA DE CIUDAD JUÁREZ, CHIHUAHUA, MÉXICO

Entomological surveillance of *Culex quinquefasciatus* Say, 1823, an arboviral disease vector in the urban area of Ciudad Juarez, Chihuahua, Mexico

A de la Mora-Covarrubias ✉, HO Rubio-Arias, JA Jiménez-Castro

(AMC) Programa de Biología. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Ave. Henry Dunant 4016 Zona Pronaf. 32310, Cd. Juárez, Chihuahua, México. adelamor@uacj.mx

(HORA)(JAJC) Facultad de Zootecnia. Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua, Chihuahua, México.

Artículo recibido: 21 de mayo de 2007, **aceptado:** 1 de abril de 2008

RESUMEN. El objetivo fue validar un modelo de distribución geoespacial del mosquito *Culex quinquefasciatus*, generado durante el año 2005. Se realizaron colectas entomológicas semanales en la zona urbana de Ciudad Juárez, Chihuahua, México. El muestreo comprendió del 27 de junio al 26 de septiembre del 2006 en 14 sitios fijos ubicados en un radio de 2000 m. Se utilizaron minitrampas tipo Centro de Control de Enfermedades (CDC) de luz con hielo seco como atrayente. Los resultados se evaluaron a través del índice de autocorrelación espacial de Moran y Geary, mapas de dispersión (técnica de Kriging) y análisis de varianza (ANDEVA). Mediante una prueba de t - pareada se ponderaron diferencias entre los resultados obtenidos en 2005 en 419 sitios y 2006 en 14 sitios. Un total de 6 080 mosquitos hembra de la especie *C. quinquefasciatus* fueron recolectados en el 2006. La ausencia de autocorrelación espacial demostró la independencia entre sitios. Los mapas de dispersión probabilística mostraron una consistencia temporal en las cuatro semanas evaluadas. La abundancia de mosquitos en los sitios dos, siete y nueve resultó mayor (ANDEVA; $p = 0.002$) que en los 11 restantes. La densidad media del mosquito no mostró diferencias ($t = -0.63$; $p = 0.543$) en los dos años comparados, lo que confirma la pertinencia del modelo geoespacial del 2005 validado con el modelo temporal del 2006. Los resultados permitirán establecer una vigilancia efectiva y de bajo costo para el mosquito *C. quinquefasciatus*, para beneficio de Ciudad Juárez, México y El Paso, EUA.

Palabras clave: Modelo geoespacial, patrón de dispersión, autocorrelación.

ABSTRACT. The purpose of this study was to validate a geospatial distribution model generated in 2005 for the southern house mosquito *Culex quinquefasciatus*. Weekly entomological samples were collected in the urban area of Ciudad Juarez, Chihuahua, Mexico. Samples were obtained from June 27th to September 26th 2006 at 14 permanent sites located within a radius of 2 000 m. Center of Disease Control (CDC) type light minitraps with dry ice as bait were used. Results were evaluated with Moran and Geary's spatial autocorrelation index, dispersion maps (Kriging technique) and variance analyses (ANOVA). The paired t-test was used to check for statistical differences between the results obtained for 419 sampling sites in 2005 and 14 sampling sites in 2006. A total of 6 080 female mosquitoes of the species *C. quinquefasciatus* were collected in 2006. The lack of spatial autocorrelation proved independence between sites. The probabilistic dispersion maps showed a temporal consistency for the four weeks that were evaluated. The abundance of mosquitoes in sites two, seven and nine was greater (ANOVA; $p = 0.002$) than that in the other 11 sites. The mean mosquito density did not show differences ($t = -0.63$; $p = 0.543$) for the two years, confirming the value of the geospatial model of 2005, validated with the temporal model of 2006. The results will make it possible to establish an efficient and low cost surveillance of the mosquito *C. quinquefasciatus*, for the benefit of Ciudad Juarez, México and El Paso, USA.

Key words: Geospatial model, dispersion pattern, autocorrelation.

INTRODUCCIÓN

Un sistema de vigilancia epidemiológica constituye una medida eficiente que contribuye a tomar medidas racionales para disminuir el efecto negativo asociado a enfermedades arbovirales en el humano. Al aplicar esta estrategia, el aspecto entomológico es de primordial importancia ya que se consigue evaluar las fluctuaciones de la población vectorial, se logran identificar los posibles cambios en su distribución geográfica y aunado a pruebas de laboratorio permite detectar la actividad arboviral. Como consecuencia se puede identificar oportunamente la presencia del vector en una zona considerada como libre y en forma inmediata brindar una alerta temprana a todos los sistemas de salud pública.

Ruiz *et al.* (1999) propusieron un sistema de vigilancia en mosquitos causantes de diversos tipos de encefalitis equinas consideradas como las de mayor importancia en el Continente Americano. En otro estudio realizado en Argentina, Díaz *et al.* (2003) establecieron un sistema de vigilancia epidemiológica para darle seguimiento a la actividad de la encefalitis de San Luis así como de sus vectores asociados. La vigilancia epidemiológica para la enfermedad del dengue ha representado uno de los diez elementos esenciales para lograr un programa eficiente de prevención y control (San Martín & Prado 2004). En todos los anteriores estudios se enfatizó la importancia de un sistema de vigilancia activo, tanto en la búsqueda directa de larvas de mosquitos en sus ambientes de crianza como en el muestreo continuo de adultos mediante trampas. En contraste con los sistemas pasivos tradicionales, los cuales están basados en registros de prevalencia de la enfermedad, la presencia del vector no se ha detectado oportunamente (Lloyd 2003).

Jeffery *et al.* (2002) utilizaron 20 minitrampas de luz con muestreos semanales para generar mapas de prevalencia de varias especies de mosquitos en Australia. Ellos procesaron los datos mediante un sistema de información geográfica (SIG) y aplicaron los índices de autocorrelación local e interpolación por Kriging. También en Australia, Ryan *et al.* (2004) utilizaron la información de *Ochlerotatus vigilax* (Skuse), *Coquillettidia lineales* (Skuse) y

Culex annulirostris Skuse capturados en minitrampas tipo Centro de Control de Enfermedades (CDC por sus siglas en inglés) y calcularon la autocorrelación espacial para cada especie mediante los índices de Moran. Una vez que determinaron el intervalo de dispersión ideal de 1 500 m, ellos generaron un mapa de dispersión mediante la técnica de Kriging. Su modelo se validó mediante muestreos múltiples y un análisis de regresión y se estimó que la variación en la abundancia es similar independientemente de la estación. Un factor común en los trabajos mencionados es que se aplicaron SIG. Esta herramienta de análisis ha potenciado su utilidad con el desarrollo de equipos de cómputo más robustos y de mayor capacidad. Su uso se ha extendido en todas las áreas del conocimiento y, en especial, al estudio de los fenómenos biológicos con un componente espacial (como ejemplos, Guo-Jing *et al.* 2005; Rezaeian *et al.* 2007; Eisen & Eisen 2008). Uno de los problemas asociados al estudio de fenómenos geográficos o espaciales es la presencia de la autocorrelación. La primera ley de geografía de Tobler establece que los elementos geográficos con características similares tienden a agruparse, por lo que los atributos asociados a ellos son más semejantes entre menos sea la distancia que los separa (Wong & Lee 2005). Mitchell (2005) sugirió establecer mecanismos que permitan disminuir la sobrestimación del error atribuible a la autocorrelación entre variables.

Cuando en la ciudad de New York, EUA, se detectó por primera vez el virus del Oeste del Nilo (Anónimo 1999) los esfuerzos se concentraron en vigilar a los mosquitos del género *Culex* y en especial a *C. quinquefasciatus* Say, 1823, el cual, en diversos estudios había sido identificado como su principal vector (Turell *et al.* 2000; Sardelis *et al.* 2001; Goddard *et al.* 2002; Barker *et al.* 2003; Zinser *et al.* 2004; Jaramillo *et al.* 2005). En México, la vigilancia epidemiológica para el virus del Oeste del Nilo se estableció oficialmente a partir del año 2000 (Ramos & Falcón-Lezama 2004).

El mosquito común *C. quinquefasciatus* presenta una amplia distribución geográfica en los estados sureños de la Unión Americana así como en el Norte de México, sobre todo en zonas urbanas (Sardelis *et al.* 2001). En la región binacional cono-

cida como Paso del Norte, que incluye el condado de Dona Ana, New Mexico y el condado de El Paso, Texas en los EUA y el municipio de Juárez en México, *C. quinquefasciatus* ha sido registrado como uno de los de mayor abundancia (Vilchis 2001; Anónimo 2005; DiMenna *et al.* 2006; de la Mora & Granados 2007). Este culicido es considerado como el principal vector de la Encefalitis de San Luís. Además esta especie se ha relacionado, junto con otras especies, como vector del virus del Oeste del Nilo (Sardelis *et al.* 2001; Ahumada *et al.* 2004; Marra *et al.* 2004; Turell *et al.* 2005) en razón de su preferencia alimenticia, tanto en aves como en humanos (Zinser *et al.* 2004).

El sistema de vigilancia vectorial de los condados de Dona Ana, New Mexico y del Paso, Texas, EUA ha registrado, desde el año 2003, la presencia del virus del oeste del Nilo tanto en mosquitos como en humanos y equinos. A pesar de presiones internacionales, y por razones inexplicables, en el municipio de Juárez que comparte frontera con ambos condados estadounidenses, no se han realizado estudios de vigilancia al respecto que permitan corroborar casos de enfermedades arbovirales. Una excepción es el estudio publicado por la de Mora y Granados (2007) quienes determinaron los factores socioeconómicos que condicionan la distribución del mosquito *C. quinquefasciatus* en la mancha urbana de Ciudad Juárez generando un modelo geoespacial. Estos investigadores muestrearon un total de 419 sitios en el mes de julio del 2005. Sin embargo, este tipo de estudios es costoso y requiere de alta infraestructura para su aplicación, sobre todo en países donde los recursos destinados a la vigilancia vectorial son limitados. El objetivo planteado en el presente estudio fue validar el modelo de distribución geoespacial para *C. quinquefasciatus* mediante un análisis de temporalidad que permita establecer una vigilancia efectiva y de bajo costo, en la zona urbana de Ciudad Juárez, Chihuahua, México. La hipótesis planteada fue que un análisis de temporalidad con bajo número de recolectas puede ser eficiente y efectivo para condiciones preventivas. Se pretende ofrecer a las autoridades del sector salud información básica sobre zonas específicas para el monitoreo permanente así como sugerir la aplicación de métodos

para el manejo del vector, que repercutan en una incidencia de enfermedades arbovirales en la población fronteriza.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio de estudio

Ciudad Juárez es una ciudad fronteriza ubicada en el noroeste del municipio de Juárez del estado de Chihuahua, México (350 000 a 380 000 N y 3 490 000 a 3 510 000 O con proyección UTM en la Zona 13). El clima es seco extremoso (BWk) con temperatura media anual de 18.0 °C. La precipitación promedio anual es de 264.5 mm con lluvias de tipo torrencial en los meses de julio a septiembre. La población ha oscilado entre 1 187 275 y 1 330 000 habitantes (Anónimo 2001a; Anónimo 2001b). Al igual que la mayoría de las metrópolis fronterizas de México, Ciudad Juárez se caracteriza por una precaria planeación urbana. Esta situación ha originado asentamientos irregulares de difícil acceso, lo que dificulta la cobertura de servicios públicos de infraestructura como drenaje, agua potable y recolección de basura (Anónimo 2001b).

Encuesta entomológica

Los mosquitos se recolectaron durante 14 semanas en el año 2006. El muestreo inició el 27 de junio y finalizó el 26 de septiembre. Los catorce sitios fijos de muestreo se establecieron a una distancia promedio entre ellos de 4 000 m para evitar en lo posible la sobreposición en su área de influencia (Tabla 1), ya que la capacidad de vuelo de *C. quinquefasciatus* ha sido registrada en 2 000 m (Turell *et al.*, 2005). Un total de 196 recolectas se efectuaron mediante minitrampas CDC de luz (Modelo 512) y CO₂ (hielo seco) como atrayente. Las minitrampas funcionaron con una fuente de energía a base de baterías 6V Li-Ne recargables y se siguieron las recomendaciones proporcionadas por Gleiser *et al.* (2002). Las trampas operaron por 12 h consecutivas, desde las 19:00 h de un día hasta las 7:00 h del día siguiente.

Manejo del material

Los mosquitos adultos fueron colocados en

contenedores con hielo seco y transportados al laboratorio para ser sorteados, sexados, identificados y contabilizados. El sorteo se realizó en charolas tipo *ex profeso* (BioQuip®) de 15 ml de capacidad. El sexado fue con el fin de separar a los machos, los cuales fueron excluidos del conteo por no ser portadores arbovirales. La identificación se llevó a cabo con el apoyo de un estereoscopio con el uso de las claves taxonómicas propuestas por Darsie & Ward (1981). Algunos ejemplares obtenidos fueron sacrificados con acetato de etilo, luego se montaron con la técnica del cartoncillo y se almacenaron en la colección de artrópodos del programa de Biología de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez y otros se almacenaron a -70 °C para estudios posteriores. El sitio específico de recolecta, dirección, ubicación (geoposicionador-Thales Mobile Mapper), fecha, hora de colocación y retiro de la trampa así como el número de especímenes recolectados fueron incluidos en una base de datos.

Tabla 1. Ubicación espacial de los catorce sitios de muestreo en la zona urbana de Ciudad Juárez, Chihuahua, México.

Table 1. Spatial location of the fourteen survey sites at Ciudad Juarez, Chihuahua, Mexico.

Sitio de muestreo	Área Geográfica	coordenadas UTM 13	
		x	y
1	472	352852	3516345
2	273	363117	3500120
3	97	359320	3509867
4	36	356502	3512683
5	153	362581	3511569
6	264	367553	3509696
7	429	364897	3506710
8	361	365401	3503388
9	407	371573	3502082
10	379	374360	3498770
11	321	360518	3496623
12	312	355287	3498702
13	216	361181	3505512
14	251	369164	3504824

Análisis de la información

Los índices de autocorrelación espacial I de Moran y c de Geary (Wong & Lee 2005) se estimaron con los datos obtenidos de las capturas del mes de julio del 2006 mediante un sistema de información geográfica de aplicación geoestadística (Anóni-

mo 1996a). Con la información de hembras recolectadas en el 2006 se generaron mapas de dispersión probabilística usando la técnica de interpolación de superficie denominada Kriging, la cual estima valores mediante algoritmos del vecino más próximo (Allen & Lu 2003). El análisis de varianza se realizó con la finalidad de establecer diferencias entre las poblaciones de mosquito por sitio.

Para efectos de validación del modelo geoespacial (de la Mora & Granados 2007), los centroides de las Áreas Geográficas Básicas (AGEBs) se calcularon mediante un SIG y se asociaron con el radio de influencia de cada uno de los catorce sitios de muestreo. Para esta validación se utilizaron el número de mosquitos recolectados en las trampas de las 419 AGEBS durante julio del 2005 y la de los capturados durante las cuatro semanas de julio del 2006. La prueba t-pareada se aplicó para comparar los resultados de la colecta de los dos años de estudio. Los análisis estadísticos fueron realizados con el programa computacional Minitab vs. 10.0 (Anónimo 1996b).

RESULTADOS

De los 12 209 mosquitos hembra recolectados en el 2006, 6 080 (49.8%) correspondieron a la especie *C. quinquefasciatus*. Este porcentaje fue ligeramente mayor al obtenido en el 2005, que fue del 40.8%. Un total de 1988 ejemplares de *C. quinquefasciatus* se recolectaron durante julio (Tabla 2).

El valor de autocorrelación se mostró consistente para los cuatro muestreos del mes de julio referente al número de hembras capturadas, dado que se obtuvieron valores de Z aleatorizada por debajo de los niveles de significancia cercanos a 0 para el Índice I de Moran y cercanos a 1 para el Índice c de Geary (Tabla 3). La ausencia de autocorrelación espacial determinó la independencia entre los catorce sitios muestreados, lo que permite inferir que los sitios seleccionados fueron indicadores adecuados de poblaciones del mosquito adulto.

El modelo gráfico de dispersión probabilística sugirió una consistencia temporal en las cuatro semanas evaluadas donde fueron observadas regiones de mayor abundancia del mosquito en las áreas cen-

Tabla 2. Número de *Culex quinquefasciatus* hembras colectadas por trampa en cada sitio durante 14 semanas. Los muestreos de julio se utilizaron para la validación del modelo geoespacial.

Table 2. Number of *Culex quinquefasciatus* females collected per trap at each site over 14 weeks. The July samplings were used to validate the geospatial model.

Sitios	Muestreos														Total/sitio
	Julio						Agosto				Septiembre				
	27-jun	04	11	18	25	03	08	15	22	29	05	12	19	26	
1	34	48	52	64	28	34	70	66	32	28	44	0	0	0	500
2	5	9	78	324	170	7	0	85	379	254	154	180	0	0	1645
3	0	0	2	6	12	2	10	8	15	11	22	0	0	0	88
4	0	1	4	9	2	0	11	7	5	9	18	0	0	0	66
5	0	0	0		1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	4
6	0	1	0	13	15	4	2	8	12	5	8	0	0	0	68
7	16	94	64	117	94	8	32	58	46	32	78	0	0	0	639
8	4	6	2	8	28	4	23	0	47	30	18	15	0	0	185
9	11	11	24	70	273	131	0	44	332	30	60	40	0	0	1026
10	17	35	28	12	15	32	0	27	135	36	15	22	0	0	374
11	0	0	2	2	1	1	3	19	5	1	4	10	0	0	48
12	5	6	6	7	30	8	0	118	125	100	13	8	0	0	426
13	2	1	1	7	2	0	3	5	2	0	1	0	0	0	24
14	116	44	44	50	73	30	180	212	71	75	52	48	0	0	987
Totales	210	307	307	689	744	261	337	657	1206	611	487	323	0	0	6080

tral (Parque Central), sur (El Barreal) y suroriente (Valle de Juárez) de la zona urbana de Ciudad Juárez, Chih. (Figura 2). La abundancia de mosquitos en los sitios dos, siete y nueve resultó mayor (ANDEVA; $p = 0.002$) que en los 11 restantes sitios.

Los valores geoestadísticos referentes a los índices de autocorrelación, los resultados gráficos de la técnica de kriging y los resultados de la prueba clásica de análisis de varianza (ANDEVA; $p = 0.002$) fueron consistentes y mostraron las áreas geográficas más sensibles a la abundancia de adultos del mosquito *C. quinquefasciatus* durante el 2006.

El número promedio de hembras recolectadas en el 2005 en la totalidad de AGEBS resultó similar ($t = -0.63$; $p = 0.543$) al promedio de las recolectadas en el 2006 durante julio (Tabla 4). Las tendencias gráficas de ambos periodos mostraron consistencia entre sitios con alta y baja densidad de captura (Figura 3). Estos resultados sugieren la pertinencia del modelo geoespacial del año 2005 validado con el modelo temporal del año 2006.

DISCUSIÓN

Los estudios de la culicidofauna realizados en

zonas aledañas a Ciudad Juárez, como los efectuados por Bradford (2005) en el condado de Lubbock, Texas, EUA y DiMenna *et al.* (2006) en comunidades asentadas a la orilla del Río Bravo en el estado de New Mexico, EUA, coincidieron en registrar a *C. quinquefasciatus* como una especie abundante y que requería de una vigilancia continua. Este mosquito ha sido asociado como vector competente de la encefalitis de San Luis (Lillibridge *et al.* 2004) y del virus del oeste del Nilo (Zinser *et al.* 2004) lo que justifica la búsqueda de un modelo efectivo de vigilancia.

La literatura sobre vectores ha registrado un mayor número de estudios de comportamiento estacional que los de relaciones espaciales. Sin embargo, la vulnerabilidad a enfermedades arbovirales depende tanto de la abundancia como del patrón de distribución vectorial. Allen & Lu (2003) en Fairfax, Virginia, EUA, sugirieron que el uso de la geoestadística asociada con sistemas de sensores remotos eran efectivos para la vigilancia y control de los mosquitos. En ese estudio se demostró la ventaja de las técnicas geoespaciales como los índices de autocorrelación e interpolación por kriging, las cuales permitieron estimar la abundancia del mosquito *Culex*

pipiens, el límite de sitios a muestrear y la frecuencia temporal del muestreo.

La cartografía derivada de modelos predictivos ha dado origen a los denominados mapas de riesgo, los cuales consideran datos espaciales como

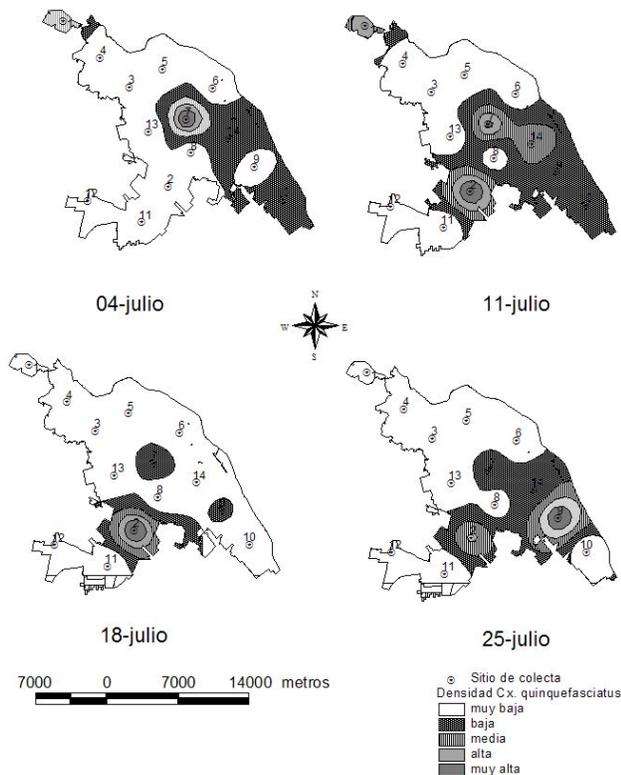


Figura 1. Mapas de distribución superficial generados mediante la técnica de kriging para cada uno de los cuatro muestreos del mes de julio del 2006 (las franjas grises corresponden a valores de abundancia relativa alta de *Culex quinquefasciatus*; ○ = sitios de muestreo).

Figure 1. Surface distribution maps generated with the kriging interpolation technique for each of the four samplings in 2006 (gray areas indicate high relative abundance values of *Culex quinquefasciatus*; ○ = sampling sites).

Tabla 3. Índices de autocorrelación espacial I de Moran y c de Geary calculados y sus respectivos valores de Z aleatorizada al 95 % de significancia.

Table 3. I Moran and c Geary spatial autocorrelation indices and their corresponding random Z values at 95 % significance.

Muestreo	I Moran	Valor de Z	c Geary	Valor de Z
4 julio	-0.129	-0.589	1.201	1.555
11 julio	-0.133	-0.61	1.118	1.462
18 julio	-0.115	-0.444	1.106	0.644
25 julio	-0.054	0.251	0.978	-0.167

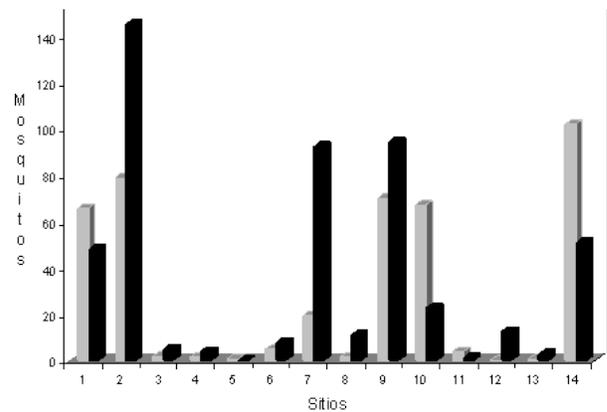


Figura 2. Comparación gráfica del patrón de distribución de los promedios de captura de hembras de *Culex quinquefasciatus* (■ = 2006; □ = 2005).

Figure 2. Graphic comparison of the distribution pattern of the averages of the collected *Culex quinquefasciatus* females (■ = 2006; □ = 2005).

Tabla 4. Promedio de hembras *Culex quinquefasciatus* capturadas en los periodos 2005 y 2006. En la columna de Áreas Geográficas Básicas (AGEBs) se especifican cuantos AGEBS fueron incluidos por zona de influencia radial de 2000 m.

Table 4. Mean of *Culex quinquefasciatus* females collected in 2005 and 2006. The column for the Basic Geographic Areas (AGEBs) shows the number of AGEBS that were included per 2000 m radial buffer area.

Sitio	AGEBs	Total 05	Media 05	Total 06	Media 06
1	9	591	65.66	192	48.00
2	5	394	78.80	581	145.25
3	45	81	1.80	20	5.00
4	58	80	1.37	16	4.00
5	26	20	0.77	1	0.24
6	7	34	4.80	29	7.50
7	20	387	19.35	369	92.25
8	23	36	1.38	44	11.00
9	22	1558	70.18	378	94.50
10	12	807	67.25	90	22.50
11	8	30	4.75	5	1.25
12	6	0	0.00	49	12.50
13	26	14	0.54	11	2.75
14	9	919	102.11	203	50.75

temporales, información epidemiológica, climatológica y entomológica en escalas macro, meso y microregional (Kitron 2000).

Como producto de los resultados obtenidos de las recolectas del 2006 se corroboró la información existente sobre la capacidad de dispersión de *C. quinquefasciatus*. Turell et al. (2005) establecieron

que el intervalo de vuelo para esta especie es de 2 000 m. La decisión de colocar los sitios de muestreo para evitar la sobreposición en el área de influencia para cada uno de ellos permitió eliminar significativamente el efecto de la autocorrelación y de esta forma se evaluó cada sitio en forma independiente.

Al considerar únicamente el esfuerzo en relación trampa/captura, se puede evidenciar la ventaja del modelo geoespacial. En el 2005 se utilizaron 419 recolectas para delimitar zonas susceptibles de la presencia alta del vector (de la Mora & Granados 2007) mientras que en el 2006 se emplearon menos de la cuarta parte de los utilizados en 2005. En este estudio se demostró que las zonas son significativamente diferentes, por lo que se propone disminuir el número de trampas a utilizarse y que se concentren los esfuerzos en aquellas áreas delimitadas como vulnerables. Para la zona urbana de Ciudad Juárez se propone una vigilancia activa en la zona del Barreal ubicada en la región sur; el área del Parque Central, justamente en la centro geográfico de la ciudad y, como tercer punto, la región urbanizada del Valle

de Juárez en la parte suroriente de la ciudad.

En algunos países se ha estimado que la inversión que se realiza para el muestreo de mosquitos, incluyendo la mano de obra, uso de químicos y otros medios de control y gastos asociados con el tratamiento de los enfermos, asciende a millones de dólares (Anónimo 2001c; Gubler 2002). Los resultados del presente estudio ofrecen a las autoridades responsables del control del vector un modelo de abundancia relativa confiable que disminuye el costo asociado al proceso de muestreo sin sacrificar su eficiencia.

Finalmente, los estudios sobre la ecología del vector deben de continuar con el objetivo de determinar los factores ambientales, sociodemográficos y físicos que determinan su fluctuación poblacional a través del tiempo. De esa forma, al conjuntar modelos de pronóstico de abundancia con modelos geoespaciales de predicción, se harían más eficientes los esfuerzos encaminados al manejo y control del *C. quinquefasciatus*.

LITERATURA CITADA

- Ahumada JA, Lapointe D, Samuel MD (2004) Modeling the population dynamics of *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae), along an elevational gradient in Hawaii. *Journal of Medical Entomology* 41(6):1157-1170.
- Allen TR, Lu GY (2003) Integrating remote sensing, terrain analysis, and geostatistics for mosquito surveillance and control. *Proceedings of the American Society for Photogrammetry and Remote Sensing*. Anchorage. 11 pp.
- Anónimo (1996a) ArcView Spatial Analyst. Environmental Systems Research Institute, Inc. Redlands. 148 pp
- Anónimo (1996b) Minitab Release 10 for windows. Minitab Inc, State College, Pennsylvania.
- Anónimo (1999) Centers for Disease Control and Prevention. Outbreak of West Nile-like viral encephalitis. New York, 1999. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* 1999;48:846.
- Anónimo (2001a) Cuaderno Estadístico Municipal. Juárez-Chihuahua. INEGI. México
- Anónimo (2001b) XII Población, Migración y Protección civil. Programa de desarrollo regional Frontera Norte 2001-2006. Secretaria de Gobernación. México
- Anónimo (2001c) Information on arboviral encephalitis. Division of vector-borne infectious diseases. Center for disease control and prevention. Fort Collins, CO. <http://www.cdc.gov/hcidod/dvbid/arbor/>
- Anónimo (2005) El Paso City-County Health and Environmental District. Vector Control Program. <http://www.elpasotexas.gov/health/bk/www.elpasocitycountyhealth.com/default.html>
- Barker CM, Reisen WK, Kramer VL (2003) California state mosquito-borne virus surveillance and response Plan: a retrospective evaluation using conditional simulations *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 68(5): 508-518

- Bradford CM (2005) Effects of weather on mosquito biology, behavior, and potential for West Nile virus transmission on the southern high plains of Texas. PhD Dissertation. Environmental Toxicology. Texas Tech University. 181 pp. <http://etd.lib.ttu.edu/theses/available/etd-07202005-111635/>
- Darsie RF Jr, Ward RA (1981) Identification and geographical distribution of the mosquitoes of north America, North of México. Mosq. Syst. Supplement 1: 1-313
- De la Mora A, Granados A (2007) Distribución geoespacial del mosquito *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae) principal vector del Virus del Oeste del Nilo, en la zona urbana de Ciudad Juárez, Chihuahua, México. Revista de Salud Pública y Nutrición 8(2):3-15
- Díaz LA, Almirón WR, Luedueña-Almeida F, Spinsanti LI, Contigiani MS (2003) Vigilancia del virus Encefalitis de San Luis y Mosquitos (Diptera: Culicidae) en la provincia de Córdoba, Argentina. Entomol. Vect. 10 (4): 551-566
- DiMenna MA, Bueno R Jr, Parmenter RR, Norris DE, Sheyka JM, Molina JL, LaBeau EM, Hatton ES, Glass GE (2006) Emergence of West Nile virus in mosquito (Diptera: Culicidae) communities of the New Mexico Rio Grande Valley. J. Med Entomol. 43(3):594-599.
- Eisen RJ, Eisen L (2008) Spatial Modeling of Human Risk of Exposure to Vector-Borne Pathogens Based on Epidemiological Versus Arthropod Vector Data. Journal of Medical Entomology 45(2): 181-192
- Gleiser RM, Schelotto G, Gorla E (2002) Spatial pattern of abundance of the mosquito, *Ochleratus albifasciatus*, in relation to habitat characteristics. Medical and Veterinary Entomology 16:264-371.
- Goddard LB, Roth AE, Reisen WK, Scott TW (2002) Vector Competence of California Mosquitoes for West Nile virus. Emerging Infectious Diseases 8(12): 1385-1391
- Gubler DJ (2002) Epidemic dengue/dengue hemorrhagic fever as a public health, social and economic problem in the 21st century. Trends in Microbiology 10(2): 100-103
- Guo-Jing Y, Vounatsou P, Xiao-Nong Z, Utzinger J, Tanner M (2005) A review of geographic information system and remote sensing with applications to the epidemiology and control of schistosomiasis in China. Acta Tropica 96(2-3): 117-129
- Jaramillo M, Peña J, Berrocal L, Komar N, González M, Ponce C, Ariza K, Máttar S (2005) Vigilancia centinela para el virus del oeste del Nilo en culicidos y aves domésticas en el Departamento de Córdoba. MVZ-Córdoba 10(2): 633-638
- Jeffery ALJ, Ryan PA, Lyons SA, Thomasand PT, Kay BH (2002) Spatial distribution of vectors of Ross River virus and Barmah Forest virus on Russell Island, Moreton Bay, Queensland Australian Journal of Entomology 41:329-338
- Kitron U (2000) Risk Maps: Transmission and Burden of Vector-borne Diseases. Parasitology Today 16(8): 324-325
- Lillibridge KM, Parsons R, Randle Y, Travassos-Da Rosa APA, Guzman H, Siirin M, Wuithiranyagool T, Hailey C, Higgs S, Bala AA, Pascua R, Meyer T, Vanlandingham DI, Tesh RB (2004) The 2002 introduction of West Nile Virus into Harris County, Texas, an area historically endemic for St. Louis encephalitis. American Journal of Tropical Medicine and Hygiene 70(6): 676-681
- Lloyd LS (2003) Best Practices for Dengue Prevention and Control in the Americas Strategic Report Environmental Health Project Office of Health. Infectious Diseases and Nutrition. Washington, DC. 106 pp
- Marra PP, Griffing S, Caffrey C, Kilpatrick A, Mclean R, Brand C, Saito E, Dupuis AP, Kramer L, Novak R (2004) West Nile Virus and Wildlife. BioScience 54(5): 393-402.
- Mitchell A (2005) The ESRI Guide to GIS analysis. Volume 2: Spatial measurements and statistics. ESRI Press. Redlands. 238 pp
- Ramos C, Falcón-Lezama JA (2004) La fiebre del Nilo Occidental: una enfermedad emergente en México. Salud Pública de México 46(5): 488-490

- Rezaeian M, Dunn G, St Leger S, Appleby L (2007) Geographical epidemiology, spatial analysis and geographical information systems: a multidisciplinary glossary. *Journal of Epidemiology and Community Health* 61:98-102.
- Ruiz A, Zuñiga I, Álvarez E (1999) Sistema de información y vigilancia epidemiológica de la EE venezolana en las Américas. *Rev Panam Salud Publica/Pan Am J Public Health* 6(2): 128-138
- Ryan PA, Lyons SA, Alsemgeest D, Thomas P, Kay BH (2004) Spatial Statistical Analysis of Adult Mosquito (Diptera: Culicidae) Counts: An Example Using Light Trap Data, in Redland Shire, Southeastern Queensland, Australia. *Journal of Medical Entomology* 41(6): 1143-1156
- San Martín JL, M Prado (2004) Percepción del riesgo y estrategias de comunicación social sobre el dengue en las Américas. *Rev Panam Salud Pública/Pan Am J Public Health* 15(2): 135-139
- Sardelis MR, Turell MJ, Dohm DJ, O'Guinn ML (2001) Vector Competence of Selected North American *Culex* and *Coquillettidia* Mosquitoes for West Nile Virus. *Emerging Infectious Diseases* 7(6): 1018-1022
- Turell MJ, O'Guinn ML, Oliver J (2000) Potential for New York mosquitoes to transmit West Nile virus. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 62(3):413-414
- Turell MJ, Dohm DJ, Sardelis MR, O'Guinn ML, Andreadis TG, Blow JA (2005). An Update on the Potential of North American Mosquitoes (Diptera: Culicidae) to Transmit West Nile Virus. *Journal of Medical Entomology* 42: 57-62
- Vilchis HL (2001) Mapping the Mosquito Population in the Paso del Norte Region. *Border Health Bulletin. Boletín Fronterizo de Salud* 2(2): 3-5
- Wong WSD, Lee J (2005) Statistical analysis of geographical information with ArcView GIS and ArcGIS. John Willey and Son Pub. Hoboken. 441pp.
- Zinser M, Ramberg F, Willot E (2004) *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae) as a potential West Nile virus vector in Tucson, Arizona: Blood meal analysis indicates feeding on both humans and birds. *Journal of Insect Science* 4:20

