

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.

Antonio de la Mora Covarrubias y Alfredo Granados Olivas*
Programa de Biología de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (Cd. Juárez, Chihuahua, México);
*Coordinación del Centro de Información Geográfica de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (Cd. Juárez, Chihuahua, México)
E-mail: agranados@uacj.mx



Introducción

Las enfermedades arbovirales transmitidas por mosquitos representan un serio problema epidemiológico, tanto por su capacidad de diseminación entre la población humana así como por la gravedad de sus síntomas. El gasto aproximado anual en los Estados Unidos de Norteamérica destinado a la prevención, control y vigilancia de encefalitis arbovirales fue de alrededor de 150 millones de dólares en el año 2004. En el caso específico del virus del Oeste del Nilo (VON) el costo fue de 24.5 millones de dólares [1]. La reemergencia de las enfermedades arbovirales ha sido asociada a factores climáticos [2,3,4], ambientales [5] y de carácter antrópico [6,7,8]. Esta naturaleza multifactorial ha conducido a realizar investigaciones sobre la dinámica espacio-temporal de estas endemias, así como a practicar un análisis bajo un enfoque sistémico, integrándola en un marco geoespacial [9]. Por otro lado, la ecología del paisaje incorpora el uso combinado de tecnologías digitales, su integración y un análisis final de bases de datos en formato digital con los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Todas estas herramientas de trabajo, en conjunto, constituyen una valiosa fuente para el manejo de estas enfermedades [10,11].

La epidemiología ha incluido recientemente a los SIG como una forma de vigilancia y monitoreo de enfermedades transmitidas por vectores [12]. Además, el análisis geoespacial se ha convertido en una útil herramienta para el desarrollo de estrategias de intervención apropiadas [13]. Diversos estudios sobre mosquitos han utilizado técnicas de análisis geoespacial, como los denominados índices de Moran, K-Función, Gi (d), Kernel y Kriging. En forma adicional, se han aplicado diversas herramientas estadísticas como el uso de técnicas multivariadas de análisis discriminante y los análisis de regresión y correlación; todas ellas, buscando asociar o correlacionar factores sociodemográficos y ambientales con la abundancia y distribución espacial de especies trasmisoras de enfermedades arbovirales [14 - 22].

El mosquito común (*Culex 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. Este insecto es considerado como el principal vector de la Encefalitis de San Luís (ESL) y se le ha relacionado junto con otras especies, como vector del Virus del Oeste del Nilo (VON) [23,24,25], en razón de su preferencia alimenticia, tanto en aves como en humanos [26]. En estudios realizados en el año 2004 por investigadores de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, en el estado de Chihuahua, México, se confirmó la presencia del vector *Culex quinquefasciatus* y la del virus del oeste del Nilo, en aves residentes de la familia Anatidae.

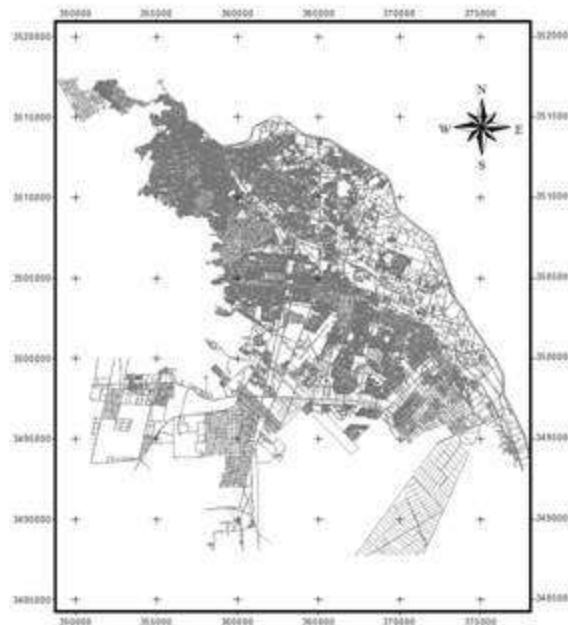
Se estima que Ciudad Juárez, Chih., con una población que oscila entre 1'187,275 a 1'330,000 habitantes [28,29], es potencialmente vulnerable a enfermedades arbovirales debido a su alta tasa de inmigración, una alta densidad poblacional, un incremento de criaderos artificiales, a sus condiciones ecoclimatológicas, una deficiente planeación urbana que ha originado asentamientos irregulares en zonas de difícil acceso que no garantizan los servicios mínimos de drenaje, agua potable y recolección de basura [30] y la presencia de especies de mosquitos reportados como vectores competentes. El objetivo fue determinar los factores socioeconómicos que condicionan la distribución espacial del mosquito *Culex quinquefasciatus* en la mancha urbana de Ciudad Juárez, Chihuahua. Los resultados de esta investigación pretenden la identificación de zonas potenciales de riesgo, que servirán de gran apoyo a las autoridades de salud. Además, se podrán planear estrategias racionales de monitoreo, manejo y control del mosquito que finalmente repercuta en la salud de la población fronteriza de Ciudad Juárez, en México y de El Paso, Texas, en los Estados Unidos de Norteamérica.

Metodología

Sitio de estudio

Ciudad Juárez es una ciudad fronteriza ubicada al norte del estado de Chihuahua. Se localiza a 31° 44' 22" latitud norte y 106° 26' 29" longitud este a una altura de 1,116 msnm. La ciudad esta delimitada por las elevaciones de la Sierra de Juárez al oeste, la Sierra el Presidio al este, la Sierra Samalayuca al sur y al norte con los Estados Unidos de Norteamérica. El Río Bravo/Río Grande constituye la frontera natural entre México y los EUA así como entre las ciudades de Juárez, Chihuahua y El Paso, Texas (Figura 1). El clima es muy seco, templado (BWk), con una temperatura media anual de 18.0° C. Las temperaturas más altas se alcanzan en los meses de junio, julio y agosto registrando extremas de 41.0° C y en algunos casos mayores. La precipitación promedio es de 264 mm anuales, presentándose lluvias tipo torrencial en los meses de julio a septiembre [27].

Figura 1. Ubicación geográfica de la zona de estudio.



Obtención de datos

Con información obtenida de la base de datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), del Instituto Municipal de Planeación e Investigación de Juárez (IMIP) y del Centro de Información Geográfica de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (CIG) se elaboró el mapa base con una unidad de cartografía de 1:50,000. La Figura 2 muestra la división de la zona urbana de Ciudad Juárez en unidades denominadas áreas geográficas de estadística básica (AGEBS) delimitadas por el INEGI y que se asocian a información sociodemográfica con datos del Censo General de Población y Vivienda 2000. Como variables predictoras para la densidad de la población de *Cx. quinquefasciatus* se seleccionaron aquellas que de acuerdo a la biología del mosquito pudieran estar relacionadas (Tabla 1).

Figura 2. División del área urbana de Cd. Juárez, Chih. por AGEBS

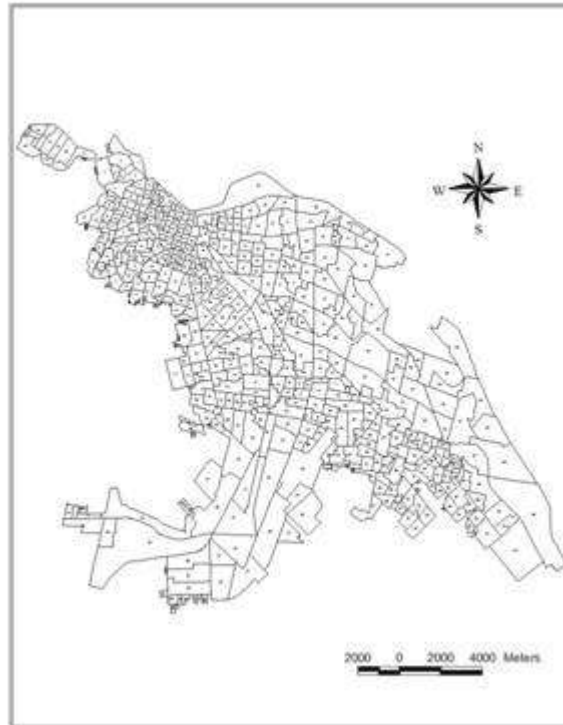


Tabla 1. Variables utilizadas como predictoras para la población del mosquito *Cx. quinquefasciatus*

<i>POBLACION</i>		<i>VIVIENDA</i>	
Variable	clave	variable	clave
Densidad	denpo	densidad	denviv
Escolaridad		Construcción	
alfabetos > 15 años	z64	Techos ligeros	z121
Promedio de escolaridad en años	z83	Paredes ligeras	z123
Económicos		Servicios	
Ingreso menor a un salario mínimo	z115	Sin drenaje	z138
		Con energía eléctrica	z139
Ingreso mayor a cinco salarios mínimos	z118	Con agua entubada	z140
		Sin servicios	z147

Ocupantes por vivienda	z163	Bienes	
		Todos los bienes	z161
		Sin bienes	z162

Encuesta entomológica

La colecta de mosquitos se llevó a cabo con el uso de minitrampas CDC de luz (Modelo 512) y CO₂ (hielo seco) como atrayente. La fuente de energía de las minitrampas fue a través de baterías 6V Li-Ne recargables, y se siguieron las recomendaciones proporcionadas por Gleiser, *et al.*[31]. Se colocó una trampa en cada AGEB, procurando garantizar las mejores condiciones de captura y se dejaron por 12 h de operación (19:00 a las 7:00 h) a partir del 04 de julio hasta el 03 de agosto del 2005. Se formaron dos equipos de colecta de tres integrantes cada uno. Los equipos trampeaban 16 sitios diarios lo que permitió coleccionar 419 muestras en un periodo de cinco semanas. Los adultos capturados fueron colocados en hieleras y debidamente transportados al laboratorio para ser sorteados, sexados, identificados y contabilizados. Se generó una base de datos especificando el sitio de colecta, dirección y ubicación con GPS (Thales Mobile Mapper); fecha, hora de colocación y retiro de la trampa, así como el número de mosquitos hembra. Además, se registró la temperatura, humedad relativa y precipitación.

Análisis Estadístico

Con los datos obtenidos se procedió al análisis geoespacial mediante un Sistema de Información Geográfica desarrollado por Environment Systems Research Institute, Redlands, CA (ESRI) con plataforma en ArcView 3.0® y con la extensión Spatial Analysis para cartografía digital. Como primera etapa, se elaboró un Mapa Temático de eventos usando la transformación $\ln(x+1)$ del número de mosquitos hembra capturados por trampa. Luego se interpoló a superficie con la técnica de Kriging universal, diseñada para estimar densidad en sitios no muestreados; de tal forma, que permitiera obtener una estimación visual de las “zonas de riesgo” asociadas a la abundancia del vector. Al aplicar los estadísticos del Índice de Moran (IM) y c de Geary (cG) como índices globales así como el G(i) de Getis como índice local [32] fue posible estimar la autocorrelación de la población de mosquitos para los diferentes sitios de colecta; y como resultado principal, establecer el tipo de distribución. Se utilizó el paquete ROCKCASE, Excel 97/2000 VB [33], a cuatro lags; 1,000, 2,000, 3,000 y 4,000 m de distancia de comparación entre vecinos.

Con la finalidad de determinar la correlación entre la variable dependiente (abundancia de mosquitos hembra adultos) y las variables independientes (factores socioeconómicos) se utilizó la técnica de análisis de regresión múltiple (hacia atrás F= 0.05 entrada, 0.1 salida) mediante el paquete estadístico SPSS 10.0® Las variables socioeconómicas incluidas en el análisis se especifican en la Tabla 1. En relación a la población se consideró la densidad, escolaridad e ingreso económico. Para el caso de la vivienda fue la densidad, calidad de construcción, servicios y bienes.

Resultados

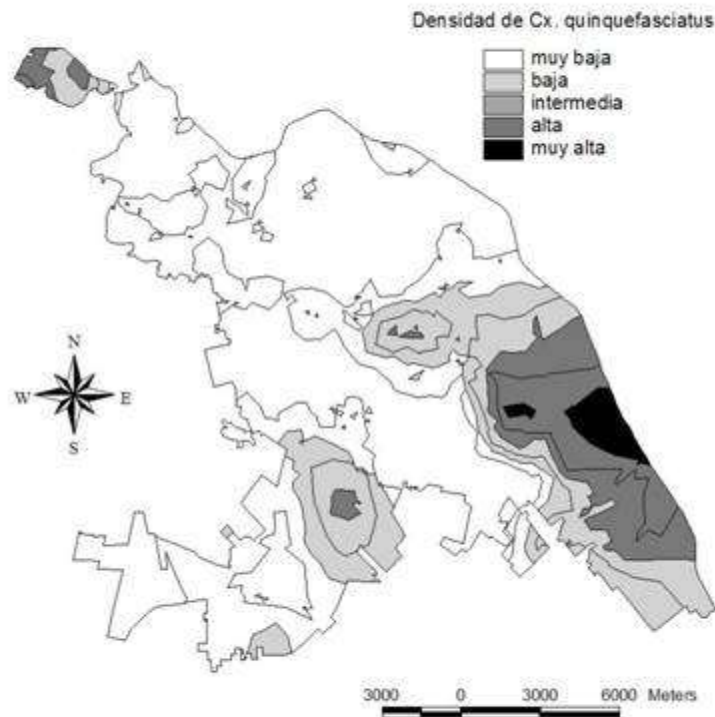
Un total de 6,799 mosquitos *Cx. quinquefasciatus* hembra fueron colectados en los 419 trampeos. Las colectas oscilaron de 0 hasta 883 individuos por noche, con un promedio de 16.3 especímenes por trampa. La alta variabilidad permite suponer la influencia de ciertos factores que determinan su abundancia y distribución.

De acuerdo a los valores para los índices de autocorrelación obtenidos tanto al aplicar el IM como el cG fue posible establecer una relación significativa positiva en la población de *Cx. quinquefasciatus*; es decir, las zonas con poblaciones altas se asocian espacialmente entre si, al igual que las zonas con densidades bajas para todos los lag evaluados. El valor de IM fue de 0.3287 ($p < 0.01$) para los 1,000 m y fue disminuyendo hasta alcanzar 0.1089 ($p < 0.01$) en los 4,000 m. El IM promedio fue de 0.273 ($p < 0.00016$). En el caso del índice de cG, el valor fue de 0.3354 ($p < 0.01$) a los 1,000 m y se fue incrementando hasta los 0.6538 ($p < 0.01$) en los 4,000 m. El promedio cG fue de 0.4192 ($p < 0.0032$).

En ambos casos se aprecia una tendencia a la autocorrelación positiva, cuanto menor es la distancia evaluada. De acuerdo a estos resultados, se puede especular de que el mosquito no presenta una distribución aleatoria

en la mancha urbana. La Figura 3, muestra el resultado de la tendencia de agrupación mediante la estimación de superficies con el método de kriging universal, con las más altas densidades del mosquito en la zona norponiente (Anapra) y suroriente (Valle de Juárez) de la zona urbana de Ciudad Juárez. Estos resultados coinciden con las AGEBS con los valores más altos de significancia del Índice Local de Autocorrelación Espacial de Getis (Gi(d)). Para el lag de 1,000 m, el valor más bajo fue de -2.51 mientras que el más alto fue de 6.00. En el caso particular de los 2,000 m, los valores fueron de -3.72 y 8.72; a 3,000 m los resultados fueron de -3.41 a 9.75; y finalmente, a los 4,000 m el valor menor fue de -4.97 y el mayor de 10.36. Estos valores permiten la identificación geográfica de puntos críticos, ya que los valores negativos agrupan AGEBS con la menor abundancia del mosquito, mientras que los valores positivos asocian aquellos sitios de colecta con mayor incidencia.

Figura 3. Zonas de riesgo en función de la densidad de *Cx. quinquefasciatus* mediante la Técnica de Kriging Universal.



El mejor modelo de regresión (Tabla 2), explica el 22.1% de la densidad de *Cx. quinquefasciatus* con un valor de r^2 de 0.242, incluyendo solo nueve de las quince variables consideradas; el grado de escolaridad (z83) y porcentaje de alfabetismo (z64) en la población están correlacionados negativamente así como la densidad de vivienda (denviv) y la posesión de bienes (z161). La correlación positiva esta en el área, la densidad poblacional (denpo), en la baja calidad de construcción de las viviendas (z121, z123) y el ingreso económico (z118). El análisis de varianza para la regresión lineal de las variables mencionadas fue significativo ($p < 0.05$) generando la ecuación de predicción siguiente: $\text{Densidad Cx} = 3.701 - (0.105)z83 + (132.38)\text{Denpo} - (629.33)\text{Denviv} - (0.629)\text{lnz64} + (0.578)\text{lnz118} - (0.168)\text{lnz161} + (2.29 \times 10^{-7})\text{área} + (0.0001)z121 + (0.001)z123$.

Tabla 2. Valores de los coeficientes para el modelo de regresión lineal

	<i>a</i>		<i>b</i>	<i>t</i>	<i>Sig.</i>
	B	Error típico	Beta		
Constante	3.701	.785		4.716	.000
Z83	-.105	.049	-.309	-2.143	.033
Denpo	132.381	49.809	.959	2.658	.008
Denviv	-629.33	208.79	-1.105	-3.014	.003
lnz64	-.629	.140	-.573	-4.510	.000
lnz118	.578	.143	.805	4.049	.000
lnz161	-.168	.078	-.337	-2.149	.032
Area	2.29E-07	.000	.193	2.863	.004
Z121	.0001	.000	-.161	-1.610	.108
Z123	.001	.000	.201	2.177	.030

Variable dependiente: logCxquin

a Coeficientes no estandarizados

b Coeficientes estandarizados

Discusión

Dada la importancia que representa el mapeo de vectores por su impacto en salud pública, los resultados obtenidos son una primera aproximación que pueden permitir a las autoridades tomar decisiones racionales en programas de vigilancia entomológica. Históricamente, los estudios sobre mosquitos se han centrado principalmente en los géneros *Aedes*, transmisor del dengue, y *Anopheles*, transmisor del paludismo. Con la epidemia de encefalitis causada por el virus del oeste del Nilo de 1999 en el área de New York, USA, se han desarrollado múltiples trabajos evaluando especies de culicidos competentes como vectores. Uno de los mosquitos más abundantes en Norteamérica es *Culex quinquefasciatus*, quien además ha demostrado alta capacidad como transmisor del Virus del Oeste del Nilo, Encefalitis de San Luís y Encefalitis Equina del Este. Por lo tanto, fue importante demostrar el patrón de dispersión espacial que permitiera la visualización de zonas de riesgo asociados a su presencia.

En este trabajo, utilizando estadística geoespacial, se comprueba la autocorrelación positiva de *Cx. quinquefasciatus* en la zona urbana y suburbana de Cd. Juárez. El resultado de su distribución en conglomerado es aceptable, por lo que se puede explicar conociendo los hábitos alimenticios y la biología del vector. El mosquito *Cx. quinquefasciatus* ha sido clasificado y su estudio ha sido enfocado hacia zonas rurales, como las predominantes en la zona suroriente de la ciudad. Esta zona rural fue dedicada tradicionalmente a la agricultura, donde se cuenta con la presencia de drenes y canales y que ahora se ha fraccionado en áreas residenciales pero conservando aún características de campo. Por otro lado, se tiene la zona norponiente, con características de habitación rústica y donde todavía se observa la crianza doméstica de aves. En ambas áreas es común el almacenamiento de agua en piletas o tambos lo que representan potenciales criaderos para el mosquito.

La técnica kriging universal, aplicada mediante extensiones de análisis espacial para los SIG, permite obtener datos confiables sobre la distribución espacial del vector. La predicción es aceptable aún utilizando el lag 3, lo que coincide con estudios realizados en Australia [34], donde se proponen distancias de hasta 3.5 km como estimadores confiables para la distribución de mosquitos vectores de diversos arbovirus. Para este estudio, tanto el índice de Moran como el de Geary son consistentes considerando que el rango de vuelo de *Cx quinquefasciatus* es limitado a 2 km alrededor del sitio de cría.

Las condiciones de población y vivienda determinan en cierto grado la distribución del vector. Como era de esperarse, siendo *Cx quinquefasciatus* de marcados hábitos antropofílicos, su abundancia es mayor en núcleos urbanos con más densidad poblacional. Viviendas rústicas y en baja densidad por AGEB, poseen mayor posibilidad de ser colonizadas al ser asociadas quizás a la presencia de criaderos artificiales en los patios. Se han encontrado relaciones similares en cuanto a la calidad y densidad de la vivienda y educación de la población para la distribución de *Aedes* en Tailandia [35]; se describe una correlación negativa en densidad de vivienda e ingresos con densidad de *Anopheles* en África [36]; otros estudios han asociado la presencia de casos de dengue con aspectos socioculturales de la población en la India [37]. En el estado de Georgia, de los USA, mediante aplicación SIG y análisis de regresión logística, se concluyó que la densidad de vivienda explicaba, junto con factores físicos y geográficos, la distribución del VON [38].

Dentro de las principales limitantes al trabajo, es importante hacer notar que al usar áreas administrativo-políticas, como son los AGEBS, se tiene un alto grado de heterogeneidad entre las mismas; las variables de tipo físico también se consideran importantes como predictoras en las poblaciones de mosquitos y que las zonas de riesgo para la población están basadas sólo en distribución y abundancia y no en las tasas de infección de los mosquitos; presencia de casos positivos en humanos y aves muertas.

Se recomienda generar unidades del paisaje urbano mediante la aplicación de técnicas de teledetección además de integrar los factores mencionados, con la finalidad de homogenizar la unidad de análisis y obtener un modelo predictivo más robusto.

Resumen

El objetivo fue estimar los factores socioeconómicos que condicionan la distribución espacial de *Culex quinquefasciatus* en Ciudad Juárez, Chihuahua, México. Se colectaron mosquitos con minitrampas de luz y CO₂ usando como unidad de análisis las Áreas Geográficas Básicas (AGEB). Se aplicó un SIG así como técnicas de análisis geoespacial. Se observó una autocorrelación positiva para la población del vector con valores de I de Moran de 0.33, 0.25, 0.17, 0.11 y de c de Geary de 0.34, 0.45, 0.55, 0.64 para los radios de 1000, 2000, 3000 y 4000 m respectivamente. Los índices locales Gi(d) de Getis estiman las más altas poblaciones en la zona norponiente y suroriente de la ciudad. El modelo de regresión explica el 22.1% de la densidad de *Cx. quinquefasciatus*; el grado de escolaridad y porcentaje de alfabetismo en la población están correlacionados negativamente así como la densidad de vivienda y la posesión de bienes. La correlación positiva está en el área, la densidad poblacional, en la baja calidad de construcción de las viviendas y el ingreso económico.

Palabras clave: autocorrelación, arbovirus, Sistemas de Información Geográfica

Abstract

The objective was to considering the socioeconomic factors that affects the space distribution of *Culex quinquefasciatus* in the Juárez City, Chihuahua, Mexico. The mosquitoes were captured with CO₂ bait light minitraps and using like analysis unit the AGEB's. It was utilized a GIS and geospatial analysis techniques. It was observed the existence of positive autocorrelation in vector population with Moran's Index values of 0.33, 0.25, 0.17, 0.11 as well as c Geary values of 0.34, 0.45, 0.55, 0.64 for 1000, 2000, 3000 and 4000 meters of radii, respectively. The Getis local index Gi(d) values established high vector populations at northwest and southeast zones of the city. The regression model explained the 22,1% of the density of *Cx. quinquefasciatus*; the academic degree and reading skills percentage in the population are correlated negatively as well as house density and goods possession. The positive correlation was in population density, low quality of house construction and the economic income.

Key words: *autocorrelation, arbovirosis, Geographical Information System*

Agradecimientos

Agradecemos el apoyo del Departamento de Ciencias Básicas y de la Coordinación de Investigación del ICB por el financiamiento para el proyecto, al Centro de Información Geográfica del IIT de la UACJ por las aportaciones técnicas tan valiosas y al Dr. Héctor Rubio de la UACH por la revisión del manuscrito.

Referencias

1. Centers for Disease Control. West Nile. <http://www.cdc.gov>. Accesado 23 de Marzo del 2005
2. Focks D.A., D.G. Haile, E. Daniels, and G.A. Mcunt. 1993. Dynamic life table model for *Ae. aegypti*(DIP:CULICIDAE) simulation, result and validation. *J. Med. Entomol.* 30 (6): 1018-1028.
3. Estrada-Franco J.G. y G.B. Craig, Jr. 1995. Biología, relaciones con enfermedades y control de *Aedes albopictus*. Organización Panamericana de la Salud. Cuaderno Técnico No. 42. Washington, D.C.
4. De Garin A., R. Bejarano y N. Schweigmann. 2002. Eventos El Niño y la Niña y su relación con la abundancia potencial del vector del dengue en la Argentina en Actualización en arthropodología sanitaria Argentina. Publicación Monográfica No 2. Fundación Mundo Sano. Buenos Aires Argentina.
5. Ibáñez-Bernal S. y H. Gómez-Dantes. 1995. Los vectores del dengue en México. *Salud Publica de México.* Vol. 37 Supl. pp. 553-563.
6. Oria G.L., M. Stein, y J.O. Gorodner. 2000. Ecoepidemiología urbana de formas inmaduras de mosquitos (Diptera: culicidae) en la ciudad de Resistencia. *Comunicaciones Científicas y Tecnológicas.* Universidad Nacional del Nordeste. Argentina..
7. Delgado L., S. Ramos, E. Gordon, E. Zopyy, J. Berti, y E. Montiel. 2003. Sensores Remotos, Modelos Digitales de Terreno y SIG. Herramientas para el Control de la Malaria en el Estado Sucre, Venezuela. *Acta Científica Estudiantil* 1(4):143-151.
8. Romaña C., L. Emperaire y A. M. Jansen. 2003. Enfoques conceptuales y propuestas metodológicas para el estudio de las interacciones entre el medio ambiente y la salud: aplicación a un programa de investigación sobre la tripanosomiasis americana". *Cad. Saude Publica, Río de Janeiro* 19(4): 945-953.
9. Delgado L., *et al*, *Op. cit.*
10. *Idem*
11. Ryan P.A., S. A. Lyons, D. Alsemgeest, P. Thomas and B. H. Kay. 2004. Spatial Statistical Analysis of Adult Mosquito (Diptera: Culicidae) Counts: An Example Using Light Trap Data, in Redland Shire, Southeastern Queensland, Australia. *J. Med. Entomol.* 41(6): 1143-1156
12. Clarke K.C., S.L. McLafferty and B.J. Tempalski. 1996. On epidemiology and geographic information systems: a review and discussion of future directions. *Perspectives.* Vol 2, No 2.
13. Robinson T.P. 2000. Spatial statistics and geographical information systems in epidemiology and public health. In *Remote sensing and geographical information systems in epidemiology* . *Advances in epidemiology.* Vol 47. Academic Press.
14. Beck L.R., M.H. Rodríguez, S.W. Dister, A.D. Rodríguez, R. K. Washino, and D.R. Roberts. 1997. Assessment of a remote sensing based model for predicting malaria transmission risk in villages of Chiapas, Mexico. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 56: 99-106.
15. Getis A., A.C. Morrison, K. Gray and T. W. Scott. 2003.Characteristics of the spatial pattern of the dengue vector *Aedes aegypti* in Iquitos, Peru. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 69(5) 495-505.

16. Gleiser R.M., G. Schelotto and E. Gorla. 2002. Spatial pattern of abundance of the mosquito, *Ochleratusalbifasciatus*, in relation to habitat characteristics. *Medical and Veterinary Entomology*. 16:264-371.
17. Jeffery J. A., P. A. Ryan, S. A Lyons, P. T Thomas and B. H. Kay 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.
18. Ali M., Y. Wagatsuma, M. Emch, and R. F. Breiman. 2003. Use of a geographic information system for defining spatial risk for dengue transmission in bangladesh: role for *Aedes albopictus* in an urban outbreak. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 69(6): 634–640.
19. Keating J., K. Macintyre, C. Mbogo, A. Githeko, J. L. Regens, C. Swalm, B. Ndenga, L.J. Steinberg, L. Kibe, J. I. Githure, and J. C.Beier. 2003. A geographic sampling strategy for studying: Relationships between human activity and malaria vectors in urban Africa. *Am.J.Trop.Med.Hyg.* 68 (3): 357 –365.
20. Nagao Y., U. Thavara, P. Chitnumsup, A. Tawatsin, C. Chansang and D. Campbell-Lendrum. 2003. Climatic and social risk factor for *Aedes* infestation in rural Thailand. *Tropical Medicine and International Health*. Vol 8. No 7 650-659.
21. Ruiz M. O., C. Tedesco, T. J. McTighe, C. Austin and U. Kitron. 2004. Environmental and social determinants of human risk during a West Nile virus outbreak in the greater Chicago area, 2002. *International Journal of Health Geographics* 3(1):8.
22. Ryan P.A., *et al*, *Op. cit.*
23. Sardelis M. R., M. J. Turell, D. J. Dohm and M. L. O’Guinn. 2001. Vector Competence of Selected North American *Culex* and *Coquillettidia* Mosquitoes for *West Nile Virus*. *Emerging Infectious Diseases* Vol. 7, No. 6, November-December
24. Ahumada J.A., D. Lapointe and M. D. Samuel. 2004. Modeling the Population Dynamics of *Culexquinquefasciatus* (Diptera: Culicidae), along an Elevational Gradient in Hawaii. *J. Med. Entomol.* 41(6): 1157-1170.
25. Marra P. P., S. Griffing, C. Caffrey, A. Kilpatrick, R. Mclean, C. Brand, E. Saito, A. P. Dupuis, L. Kramer and R. Novak. 2004. West Nile Virus and Wildlife. *BioScience*.. May Vol. 54 No. 5.
26. Zinser M., F. Ramberg, and E. Willot. 2004. Scientific Note: *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. Available online: insectscience.org/4.20
27. INEGI. 2001. Cuaderno Estadístico Municipal. Juárez-Chihuahua.
28. *Idem*
29. Secretaria de Gobernación. 2001. XII Población, Migración y Protección civil. Programa de desarrollo regional Frontera Norte 2001-2006. México.
30. *Idem*
31. Gleisser R.M., *et al*, *Op. cit.*
32. Ord, J. K., and A. Getis. 1995. Local spatial autocorrelation statistics: distributional issues and an application. *Geographical Análisis*. 27(4):287–305.

33. Sawada M. 1999. ROOKCASE: an excel 97/2000 visual basic (VB) add-in for exploring global and local spatial autocorrelation. *Bull. Ecol. Soc. Am.* 80:231-234.

34. Ryan P.A., *et al*, *Op. cit.*

35. Nagao Y., *et al*, *Op. cit.*

36. Keating J., *et al*, *Op. cit.*

37. Bohra A. and H. Andrianasolo. 2001. Application of GIS in Modeling of Dengue Risk Based on Sociocultural Data: Case of Jalore, Rajasthan, India. *Dengue Bulletin* . Vol 25.

38. Gibbs S.E., M.C. Wimberly, M. Madden. J. Masour, M.J. Yabsley and D.E. Stalknecht. 2006. Factors affecting the geographic distribution of West Nile virus in Georgia, USA: 2002-2004. *Vector Borne Zoonotic Dis.* 6(1):73-82.