

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE CIENCIAS



“ESTUDIO SOBRE LAS FLUCTUACIONES ESPACIO-
TEMPORALES DE LAS POBLACIONES DE MOSQUITOS
(CULICIDAE: DIPTERA), VECTORES DE ENFERMEDADES
EN EL ESTADO DE SONORA”

TESIS PROFESIONAL

Que para obtener el título de:

BIÓLOGO

Presenta:

CARLOS ALBERTO FLORES LÓPEZ

Ensenada, Baja California

Mayo del 2006

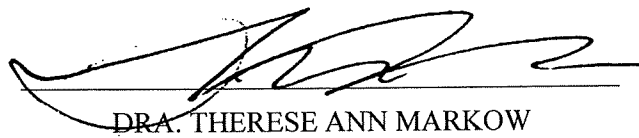
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS

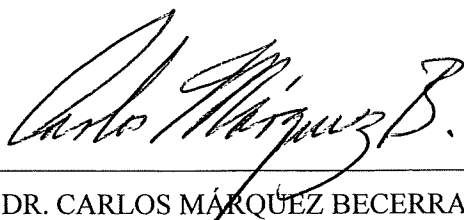
“ESTUDIO SOBRE LAS FLUCTUACIONES ESPACIO-
TEMPORALES DE LAS POBLACIONES DE MOSQUITOS
(CULICIDAE: DIPTERA), VECTORES DE ENFERMEDADES
EN EL ESTADO DE SONORA”

TESIS PROFESIONAL QUE PRESENTA:

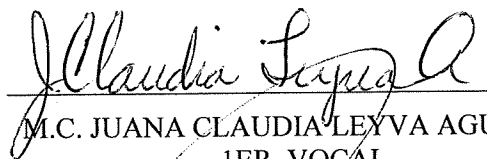
CARLOS ALBERTO FLORES LÓPEZ
APROBADO POR:



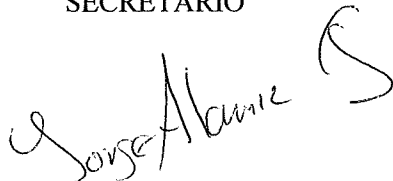
DRA. THERESE ANN MARKOW
PRESIDENTE DEL JURADO



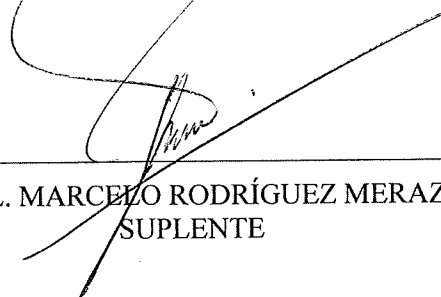
DR. CARLOS MÁRQUEZ BECERRA
SECRETARIO



M.C. JUANA CLAUDIA LEYVA AGUILERA
1ER. VOCAL



M.C. JORGE ALANIZ GARCÍA
SUPLENTE



BIOL. MARCELO RODRÍGUEZ MERAZ
SUPLENTE

AGRADECIMIENTOS

Este es un proyecto interinstitucional en donde los participantes son la Universidad de Arizona y la Secretaria de Salud del estado de Sonora (SSS), por lo que primeramente quiero agradecer a mi directora de tesis, la Dra Therese Ann Markow, por haberme invitado a trabajar en este proyecto, en el cual he aprendido mucho tanto en el nivel profesional como en el personal, por lo cual estaré eternamente agradecido. Y en segundo lugar este proyecto no hubiera sido posible sin el incansable trabajo del personal de la SSS, principalmente el jefe de la dirección de Enfermedades, el médico Gerardo Mada, el biólogo entomólogo Juan Escalante, y el técnico Sergio Valencia.

A mi codirector Dr. Carlos Márquez, que me ha apoyado inmensamente tanto cuando fui su alumno en la carrera, como en el manuscrito de mi tesis, pero sobretodo a nivel personal. También a mi comité por haberme ayudado tanto en el manuscrito.

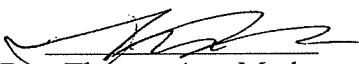
A mi familia Margarita López Martínez, Carlos Flores Luna y Ana Gabriela Flores López que me ha ayudado mucho en el escrito de mi tesis, así como en su incondicional apoyo durante toda la carrera, y a los que les quiero dedicar este escrito, porque ellos han sido mi motivación para seguir adelante.

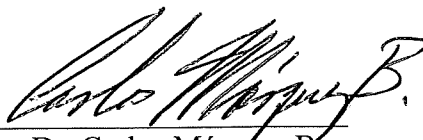
Al Dr. Stuart Marsh y a al Dr. Choy Huang por su ayuda en la disposición de los índices de vegetación MODIS, así como en la interpretación de los resultados de los análisis de los mismos. Al igual que al Dr. Frank Ramberg quien ayudo en la identificación de mosquitos.

A mis compañeros y amigos del laboratorio Markow: Erin Kelleher, Tom Watts, Luciano Matzkin, Laura Reed, Katie Massie, Sergio Castrezana, Brooke Laflamme y Kristin Sweetster por sus invaluable comentarios para mejorar mis análisis y escrito, así como su apoyo. Y finalmente, pero no sin menor importancia quiero agradecer a mis compañeros de carrera Gonzalo de León, Saruhén Ávila, Alejandro González, Leopoldo Ávila, Alonso Gutiérrez, Ricardo Cruz, Lucrecia Ramos, Anny Peralta, Jorge Valdez, Sebastián Gómez, Ricardo Valencia, Iván Peraza, Alejandro Beltrán y Amanda Dávila con los que siempre estaré agradecido por su apoyo y amistad.

RESUMEN

Se realizó un muestreo mensual en tres ciudades de Sonora, México, durante un año, con el fin de estudiar las fluctuaciones espacio-temporales de las poblaciones de mosquitos vectores de enfermedades en este estado, así como analizar el papel que juegan los factores climáticos e índices de vegetación MODIS en estas fluctuaciones. En total se capturaron nueve especies de mosquitos, de los cuales cuatro eran vectores de enfermedades, sin embargo solo dos fueron las predominantes, que juntas formaron más del 99% de todos los individuos capturados en este estudio: *Culex quinquefasciatus* (vector del virus del Oeste del Nilo) y *Aedes aegypti* (vector del dengue y fiebre amarilla). En cuanto a la distribución espacial se determinó que ambas especies no se encuentran distribuidas homogéneamente a través de las ciudades. En relación a los tamaños poblacionales, las tres poblaciones de *A. aegypti* son prácticamente idénticas, mientras que las poblaciones de *C. quinquefasciatus* mostraron un gradiente latitudinal de menor (norte) a mayor (sur). Con respecto a la distribución temporal, las poblaciones de *A. aegypti* crecieron durante una sola época del año, mientras que las poblaciones de *C. quinquefasciatus* presentaron dos épocas de crecimiento. Por último en relación a la asociación de las fluctuaciones poblacionales con los factores climáticos e índices de vegetación MODIS, se encontró que los factores climáticos fueron los que mostraron una mayor correlación. *A. aegypti* fue la especie con mayor asociación a estos parámetros, en particular es notable la asociación de esta especie con la temperatura.


Dra. Therese Ann Markow
(Directora)


Dr. Carlos Márquez-Becerra
(Codirector)

ÍNDICE

Resumen	4
Introducción	8
Antecedentes	11
Objetivos	21
Area geográfica de estudios	22
Metodología	27
Resultados	32
• Abundancia y distribución	32
• Hermosillo	35
• Guaymas	40
• Navojoa	45
• Patrones anuales para cada especie	50
• Factores climáticos	52
• Análisis entre las variables climáticas y la abundancia de mosquitos	56
• Precipitación	56
• Humedad	57
• Temperatura	57
• Análisis entre los índices de vegetación y la abundancia de mosquitos	61
Discusión	67
Conclusiones	74
Perspectivas	76
Anexos	78
Bibliografía	88

LISTA DE FIGURAS

	figura	pagina
Hembra <i>Aedes aegypti</i> alimentándose	1	18
Hembra <i>Culex quinquefasciatus</i> alimentándose	2	18
Casos de dengue en Sonora por jurisdicción sanitaria	3	19
Jurisdicciones sanitarias de Sonora	4	20
Ubicación del estudio	5	23
Ubicación de las 10 trampas en Hermosillo	6	24
Ubicación de las 10 trampas en Guaymas	7	25
Ubicación de las 10 trampas en Navojoa	8	26
Rotulación de los mosquitos depositados en UABC	9	28
Comparación entre todas las poblaciones en las tres localidades	10	34
Número de mosquitos capturados en Hermosillo	11	37
Número de <i>Aedes aegypti</i> capturados en Hermosillo	12	38
Número de <i>Culex quinquefasciatus</i> capturados en Hermosillo	13	38
Comparación de trampas para <i>Aedes aegypti</i> en Hermosillo	14	39
Comparación de trampas para <i>Culex quinquefasciatus</i> en Hermosillo	15	39
Número de mosquitos capturados en Guaymas	16	42
Número de <i>Aedes aegypti</i> capturados en Guaymas	17	43
Número de <i>Culex quinquefasciatus</i> capturados en Guaymas	18	43
Comparación de trampas para <i>Aedes aegypti</i> en Guaymas	19	44
Comparación de trampas para <i>Culex quinquefasciatus</i> en Guaymas	20	44
Número de mosquitos capturados en Navojoa	21	47
Número de <i>Aedes aegypti</i> capturados en Navojoa	22	48
Número de <i>Culex quinquefasciatus</i> capturados en Navojoa	23	48
Comparación de trampas para <i>Aedes aegypti</i> en Navojoa	24	49
Comparación de trampas para <i>Culex quinquefasciatus</i> en Navojoa	25	49
Comparación de los patrones entre las tres ciudades para las poblaciones de <i>Aedes aegypti</i>	26	51
Comparación de los patrones entre las tres ciudades para las poblaciones de <i>Culex quinquefasciatus</i>	27	51
Precipitación de las tres ciudades durante el año de estudio	28	53
Temperatura promedio a través del año de estudio	29	53
Temperatura máxima a través del año de estudio	30	54
Temperatura mínima a través del año de estudio	31	54
Humedad relativa a través del año de estudio	32	55
Regresión entre la población de <i>Aedes aegypti</i> de Hermosillo con la precipitación acumulada de 30 días antes de la fecha de muestreo	33	56
Regresión entre la población de <i>Aedes aegypti</i> de Navojoa con la temperatura mínima de 30 días antes de la fecha de muestreo	34	59

LISTA DE TABLAS

	Tabla	Pagina
Regresiones de precipitación	I	56
Regresiones de humedad	II	57
Regresiones de temperatura	III	58
Regresiones de todas las variables climáticas	IV	59
Regresiones significativas entre los índices de vegetación con la población de <i>Aedes aegypti</i> de Hermosillo	V	64
Regresiones significativas entre los índices de vegetación con la población de <i>Culex quinquefasciatus</i> de Hermosillo	VI	64
Regresiones significativas entre los índices de vegetación con la población de <i>Aedes aegypti</i> de Guaymas	VII	65
Regresiones significativas entre los índices de vegetación con la población de <i>Culex quinquefasciatus</i> de Guaymas	VIII	65
Regresiones significativas entre los índices de vegetación con la población de <i>Aedes aegypti</i> de Navojoa	IX	66
Regresiones significativas entre los índices de vegetación con la población de <i>Culex quinquefasciatus</i> de Navojoa	X	66
Casos de dengue por jurisdicción sanitaria	XI	78
Mosquitos capturados durante el año de estudio pertenecientes a otras especies que a <i>Aedes aegypti</i> y <i>Culex quinquefasciatus</i>	XII	79
Número de <i>Culex quinquefasciatus</i> capturados en cada localidad en cada mes	XIII	80
Número de <i>Aedes aegypti</i> capturados en cada localidad en cada mes	XIV	80
Número de mosquitos capturados en Hermosillo	XV	81
Número de <i>Aedes aegypti</i> capturados en cada trampa en Hermosillo	XVI	81
Número de <i>Culex quinquefasciatus</i> capturados en cada trampa en Hermosillo	XVII	82
Número de mosquitos capturados en Guaymas	XVIII	82
Número de <i>Aedes aegypti</i> capturados en cada trampa en Guaymas	XIX	83
Número de <i>Culex quinquefasciatus</i> capturados en cada trampa en Guaymas	XX	83
Número de mosquitos capturados en Navojoa	XXI	84
Número de <i>Aedes aegypti</i> capturados en cada trampa en Navojoa	XXII	84
Número de <i>Culex quinquefasciatus</i> capturados en cada trampa en Navojoa	XXIII	85
Direcciones y coordenadas geográficas de las 30 trampas colocadas durante el estudio	XXIV	86

INTRODUCCIÓN

Las enfermedades infecciosas son una amenaza generalizada que pueden afectar a las personas sin importar la edad, sexo, estilo de vida, origen étnico, o estatus socioeconómico. En la actualidad son la segunda causa de muertes en todo el mundo, siendo responsables del 25% de las mismas de acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2004). Aunque algunas de estas enfermedades han sido controladas por los avances modernos, como la creación de vacunas y antibióticos, nuevas enfermedades continúan emergiendo (como el síndrome de inmunodeficiencia adquirida, síndrome pulmonar de hantavirus y la enfermedad de Lyme), mientras otras reemergentes como variantes más resistentes a los medicamentos como la malaria, la tuberculosis, y la neumonía pulmonar.

Una gran proporción de estas enfermedades infecciosas son transmitidas por artrópodos. Las de mayor importancia son la malaria, el dengue, la enfermedad de Chagas, filariasis linfática, oncocercosis, tripanosomiasis y encefalitis japonesa (OMS, 1997).

Dentro de esta categoría, las enfermedades transmitidas por mosquitos han emergido o resurgido como problemas importantes que afectan la salud humana, debido a varios factores, tales como el poco progreso en la creación de nuevas vacunas, la evolución de patógenos resistentes a las drogas, la resistencia de los mosquitos a insecticidas, y al deterioro de las condiciones socioeconómicas en muchos países en donde éstas enfermedades son endémicas (Gubler 1998).

En América las enfermedades transmitidas por mosquitos han estado presentes desde la conquista del continente. En el siglo XVII los navíos de esclavos provenientes del este de África transportaron a los mosquitos y a los patógenos consigo al continente. El primer registro de una enfermedad de esta naturaleza en América data de 1648 en Yucatán en donde se registró por primera vez la fiebre amarilla. En las décadas del cuarenta y cincuenta del siglo pasado, con las fuertes campañas de erradicación de sus vectores, se logró eliminar a estos mismos de la mayoría de los países en donde estaban localizados. En el presente, estas enfermedades están resurgiendo en países en donde se había logrado erradicar a los vectores (Vainio y Cutts 1998).

En Sonora, las enfermedades transmitidas por mosquitos, que más importancia han tenido, son la malaria (principalmente hacia el sur del estado) y el dengue (en todo el estado). En la actualidad, el dengue es la de mayor preocupación (Secretaría de Salud del Estado de Sonora, 2005), por lo que el enfoque en su principal vector, *Aedes aegypti* (figura 1), es de suma importancia en este estudio. Otro de los mosquitos presentes en el estado de Sonora es *Culex quinquefasciatus*, miembro del complejo *Culex pipiens* (figura 2). Este mosquito es una plaga común en áreas urbanas y es uno de los mosquitos más ampliamente distribuidos en el mundo, ya que con la excepción de Antártida, habita en todos los continentes. Este mosquito es vector del virus del oeste del Nilo, que al igual que para el dengue, no existe vacuna disponible, por lo que la forma más eficaz de prevenir la enfermedad es mediante el control de su vector (OMS, 1997). La mayoría de los mosquitos vectores que habitan en Sonora son *A. aegypti*, *C. quinquefasciatus*, *C. tarsalis* y *Anopheles sp.* Las tres ciudades seleccionadas para este estudio (Hermosillo,

Guaymas y Navojoa) han tenido casos confirmados de dengue (Secretaría de Salud del Estado de Sonora, 2005).

Varios estudios acerca de las enfermedades transmitidas por mosquitos, realizados en la región de la frontera México/Estados Unidos, han sido muy instructivos en la comprensión de los factores de riesgo por infección y las dinámicas de su propagación (Wilson y Chen 2002; Reiter *et al.*, 2003).

A pesar de los enormes daños que las enfermedades transmitidas por mosquitos producen anualmente, a la fecha no se sabe exactamente cuáles son las dinámicas poblacionales que controlan los brotes de estas enfermedades. Por lo tanto, el monitoreo de mosquitos es de suma importancia, ya que usando esta información se pueden evaluar sus poblaciones y su distribución, así como desarrollar nuevas formas para controlarlos (Smith *et al.*, 2004; Weaver 2000).

ANTECEDENTES

Los mosquitos son miembros de la familia Culicidae, una de las aproximadamente 130 familias dentro del orden de insectos Díptera. La mayoría de especies de esta familia son conocidas por tener hembras con hábitos alimenticios hematófagos. De todos los grupos de animales con hábitos hematófagos, los mosquitos son los más importantes desde el punto de vista de su efecto en la salud del hombre. Los patógenos causantes de varias de las mortandades humanas más importantes del pasado y presente han sido transmitidos por mosquitos (Marquardt, 2004). Entre estas enfermedades infecciosas las de mayor relevancia son malaria, filariasis linfática, dengue, encefalitis japonesa, encefalitis de San Luis, virus del oeste del Nilo (VON), fiebre amarilla y la fiebre del Valle del Rift (OMS, 1997). Los mosquitos responsables de todas estas enfermedades pertenecen ya sea a las tribus Culicini (*Aedes* y *Culex*) o Anophelini (*Anopheles*) (Mabbett 2004). En Sonora se hallan mosquitos de estos tres géneros, mientras que la enfermedad de mayor importancia es el dengue (Secretaría de Salud del Estado de Sonora, 2005).

Los mosquitos son holometábolos (huevo, larva, pupa y adulto). Las tres primeras etapas del ciclo de vida (huevo, larva y pupa) son acuáticas. Las larvas son vermiformes y no poseen patas, y aunque respiran aire se consideran acuáticas. Se alimentan por medio de partes bucales que en la mayoría de los mosquitos están especializadas para coleccionar o filtrar microorganismos y detritus del agua, o para raspar y librar material de las superficies. Poseen un estadio de pupa acuático que toma de dos a cuatro días para

completar su metamorfosis a adulto, y que a diferencia de la mayoría de las pupas de otros insectos es móvil y activa (Marquardt, 2004).

Aedes aegypti por ser el principal vector de dengue es la especie de mayor enfoque en este estudio y desafortunadamente debido a su gran asociación con el hombre actualmente es una especie cosmopolita. Es una especie que tiende a habitar dentro o fuera de casas domésticas y de hábitos alimenticios crepusculares. Sus hábitos hematófagos son de preferencia humana y se ha encontrado que en América tiende a ovopositar en cualquier contenedor que posea agua relativamente limpia y que por lo general se encuentre protegido de la lluvia, como tanques de almacenamiento de agua, llantas usadas, floreros, latas, etc. El tiempo que tarda en progresar de una fase de su desarrollo a otro es muy variable y depende principalmente de la temperatura del agua y la disponibilidad de alimento, pero en general tarda un poco más de 10 días en pasar por todas sus fases acuáticas. Uno de los motivos por el cual la erradicación de ésta especie ha sido tan difícil es el hecho de que sus huevecillos son sumamente resistentes a largos periodos de sequía. Se ha calculado que estos pueden permanecer en un ambiente desprovisto de agua por más de un año. Este mosquito aparte de ser el principal vector del dengue, también es vector de otras enfermedades virales, como la fiebre amarilla, y encefalitis japonesa (Mazine *et al.*, 1996; Marquardt, 2004; Spielman y D'Antonio, 2001).

La segunda especie de interés en este estudio es *Culex quinquefasciatus*, que al igual que *Aedes aegypti* es una especie que tiende a estar relacionada con el hombre, lo

que ha promovido que actualmente su distribución sea cosmopolita. A diferencia de *Aedes aegypti*, éste organismo prefiere alimentarse de distintas especies de aves durante la noche y sus huevecillos no son resistentes a largos periodos de sequía. Ovoposita en aguas sucias como fosas sépticas y letrinas, y ocasionalmente también llega a ser encontrada en los mismos contenedores que *Aedes aegypti*. El tiempo que tarda en progresar a de una fase de su desarrollo a otro es muy variable y depende principalmente de la temperatura del agua, pero en general tarda entre 8 a 12 días en pasar por todas sus fases acuáticas. Este mosquito es vector del Virus del Oeste del Nilo, filariasis linfática y encefalitis de San Luis (Marquardt, 2004; Spielman y D'Antonio, 2001).

Con la disponibilidad de DDT (dicloro-difenil-tricloroetano) y otros insecticidas, en la década de los cuarenta del siglo pasado, se inició una nueva etapa de control de las enfermedades transmitidas por mosquitos. La eficacia del DDT contra los mosquitos peridomésticos dió inicio al Programa Global de Erradicación de la Malaria en 1955, coordinada y patrocinada por la Organización Mundial de la Salud. Durante los primeros años entre 1957 y 1966 los resultados fueron espectaculares; la malaria fue completamente erradicada de los Estados Unidos, así como de la Unión Soviética y Europa. Igualmente, la incidencia de las enfermedades transmitidas por mosquitos se redujo significativamente en muchos países tropicales del sureste de Asia, India y América del Sur. Sin embargo, debido a la falta de continuidad del programa, respaldo económico, resistencia de los vectores, desarrollo inadecuado de servicios básicos de salud, pero quizás la razón mas fuerte haya sido el cese en el uso del DDT, muchos de estos países no pudieron mantener este bajo nivel de incidencia de las enfermedades y

muchos de los vectores reemergieron (Gubler 2005; Musawenkosi *et al.*, 2004; Killeen *et al.*, 2002; Nájera 2001). En Sonora se utilizan dos tipos de insecticidas, un larvicida cuyo nombre comercial es Abate, elaborado con Temephos como base y un adulticida conocido en el comercio como: “Aqua Reslin Súper”, el cual está elaborado a base de esbiol, permetrina y butóxido de piperonilo y es aplicado en forma de nebulizador.

Tanto el dengue como el virus del oeste del Nilo son enfermedades causadas por virus de ARN. En cuanto al virus del oeste del Nilo (VON), a finales del verano de 1999, los primeros casos en humanos de encefalitis causados por este virus fueron documentados en los Estados Unidos de Norteamérica (E.U.A.). Actualmente se han identificado con la infección del VON a más de 78 especies de aves, 26 especies de mosquitos, caballos, algunos otros mamíferos y en humanos (OMS, 2005). El ciclo natural del VON es mantenido mediante la transmisión de un huésped (un ave) que amplifica el virus, y un vector (el mosquito). Cabe mencionar que el primer caso de la enfermedad de VON en humano para México acaba de ser reportado, para el municipio de Etchojoa, en Sonora cercano a Ciudad Obregón, así como también el primer aislamiento en mosquitos *Culex quinquefasciatus* de Nuevo León, México (Elizondo *et al.*, 2005). Previamente se había aislado el virus en caballos muertos y aves en varios estados de la república, como Tamaulipas, Coahuila, Chiapas, Nuevo León y Yucatán (Blitvich *et al.*, 2003, Lorono-Pino *et al.*, 2003; Estrada *et al.*, 2003).

El dengue puede ser transmitido por cuatro serotipos del virus, denominados DEN 1-4. Un paciente infectado por un serotipo se vuelve inmune a ese mismo serotipo, pero sigue siendo vulnerable a ser reinfectado por los otros tres serotipos. En términos de mortandad el dengue es la enfermedad viral humana transmitida por artrópodos más importante en la actualidad. Anualmente hay aproximadamente entre 50-100 millones de casos de dengue febril y entre 250 000 a 500 000 casos de dengue hemorrágico en el mundo. Más de la mitad de la población humana habita en zonas de riesgo al padecimiento (Wilson y Chen, 2002; Guzmán y Kouri, 2003; Rigau-Pérez *et al.*, 1998). Varias de las especies de mosquitos del género *Aedes* son vectores de los virus del dengue (*Aedes albopictus*, *Aedes polynesiensis*); sin embargo el vector principal es *Aedes aegypti*, un mosquito peridoméstico, que se alimenta preferentemente de humanos (Hopp y Foley 2003). Actualmente no existe vacuna para el dengue, por lo que el único método para limitar su propagación es mediante el control de su vector principal *A. aegypti* (Nathan, 1993; OMS, 1999). Desafortunadamente el control de *A. aegypti* ha sido muy difícil, debido a sus hábitos peridomésticos y reproductivos y a las limitaciones de los métodos químicos de control que están perdiendo su eficacia debido al aumento en la resistencia a los insecticidas del vector (Gubler 1992; 1998; Arata 1994).

En la mayoría de los casos humanos se ha encontrado que es de 15 a 80 veces más probable contraer el dengue hemorrágico o el dengue de síndrome de shock (las formas de dengue más peligrosas) en reinfecciones que en primeras infecciones. Esta observación indica que la respuesta del sistema inmune a reinfecciones puede acentuar la

enfermedad, en vez de mitigarla, por lo que el diseño de una vacuna ha sido de suma dificultad (Stephenson 2005).

Los registros históricos sugieren que las primeras epidemias de dengue en América quizá hayan ocurrido en Panamá y la Guyana Francesa a principios del siglo XVII, mientras que en Perú, México, Colombia, Estados Unidos y el Caribe ocurrieron en el siglo XVIII. En Brasil, Venezuela y Argentina fue hasta el siglo XIX y principios del siglo XX cuando se observa su presencia (Wilson y Chen 2002; Reiter *et al.*, 2003).

Como se menciona previamente, se cree que *Aedes aegypti* fue introducido en América por medio de navíos que transportaban esclavos del este de África durante los siglos XV a XVII, o por barcos provenientes de España y Portugal, ya que el mosquito estaba bien adaptado a sobrevivir en los contenedores de agua en los buques (Lounibos, 2002).

El virus del dengue se ha convertido en una importante enfermedad emergente en países tropicales. Entre los años de 1948 a 1962, *Aedes aegypti*, el vector principal del virus del dengue fue erradicado de 21 países del continente Americano, pero la falta de un programa de control constante resultó en la gradual reinfestación en prácticamente todos los países (Flisser *et al.*, 2002).

En el estado de Sonora los primeros casos confirmados de dengue datan de 1983, en las ciudades de Guaymas y Empalme. A partir de entonces se han presentado casos de forma irregular en todo el estado. En la figura 3 se muestran todos los casos confirmados de dengue en Sonora por jurisdicción sanitaria (figura 4), desde 1983 a 2004. Como se puede observar, los casos no han sido continuos tanto en número de casos como en las jurisdicciones, a través de los años. Lo que nos hace preguntar ¿Cómo pueden ser explicados estas diferencias observadas a través de los años así como entre las diferentes jurisdicciones? ¿Cuál es el papel que juegan los factores climáticos y ecológicos en los brotes?

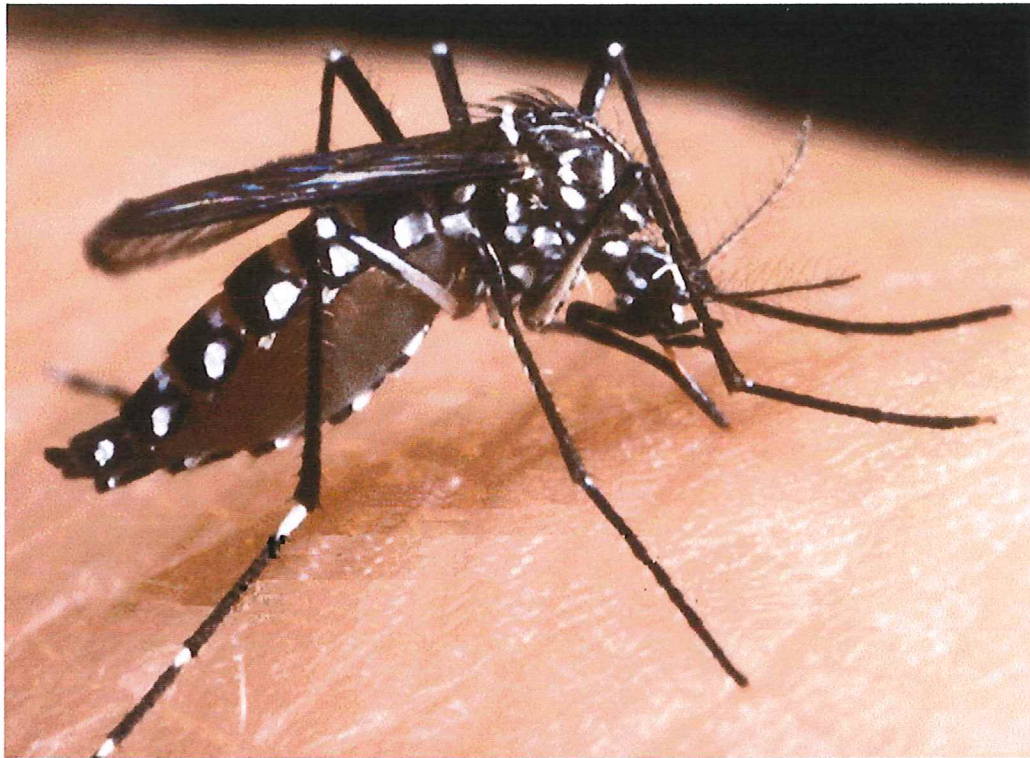


Figura 1. Hembra *Aedes aegypti* alimentándose (Tomado de www.cober.com)

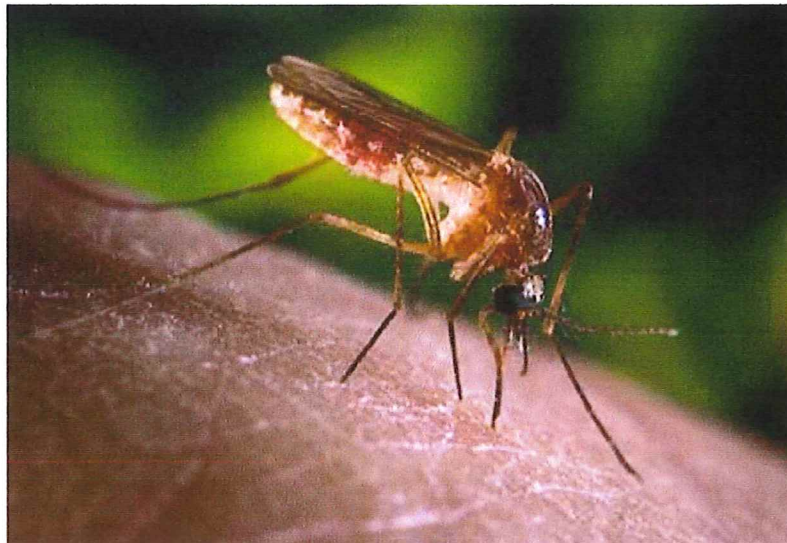


Figura 2. Hembra *Culex quinquefasciatus* alimentándose (Tomado de www.lahey.org)

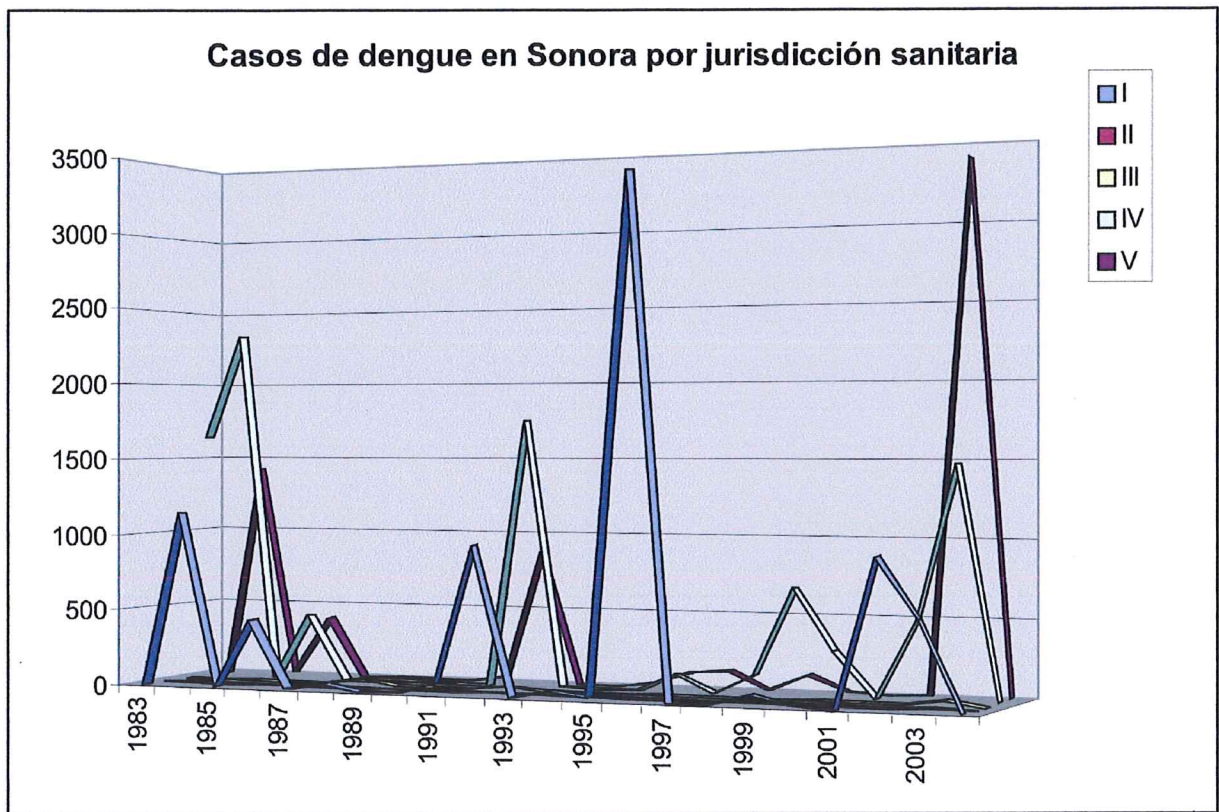


Figura 3. Casos de dengue por jurisdicción sanitaria en el Estado de Sonora. Por lo menos en 20 años antes de 1983 no se había registrado transmisión de dengue en Sonora. En 1983, fue el primer año en que se registró, todos los casos se presentaron en Guaymas. El dengue clásico y hemorrágico están agrupados (Con datos de Secretaría de Salud Pública del estado de Sonora).

Jurisdicción I: Aconchi, Carbo, Hermosillo, Mazatán, Moctezuma, Nácori Chico, Sahuaripa, Suaqui Grande, Ures y Villa Pesqueira. Población de >645,000 (INEGI, Censo Nacional 2000).

Jurisdicción II: Caborca, Pitiquito y Puerto Peñasco. Población de >255,00 (INEGI, Censo Nacional 2000).

Jurisdicción III: Benjamín Hill, Magdalena, Nogales, Santa Ana. Población de >203,000 (INEGI, Censo Nacional 2000).

Jurisdicción IV: Bácum, Cajeme, Empalme, Guaymas, Quiriego, Rosario y San Ignacio Río Muerto. Población de > 580,000 (INEGI, Censo Nacional 2000).

Jurisdicción V: Alamos, Navojoa, Huatabampo, Etchojoa, y Benito Juárez. Población de > 320,000 (INEGI, Censo Nacional 2000).

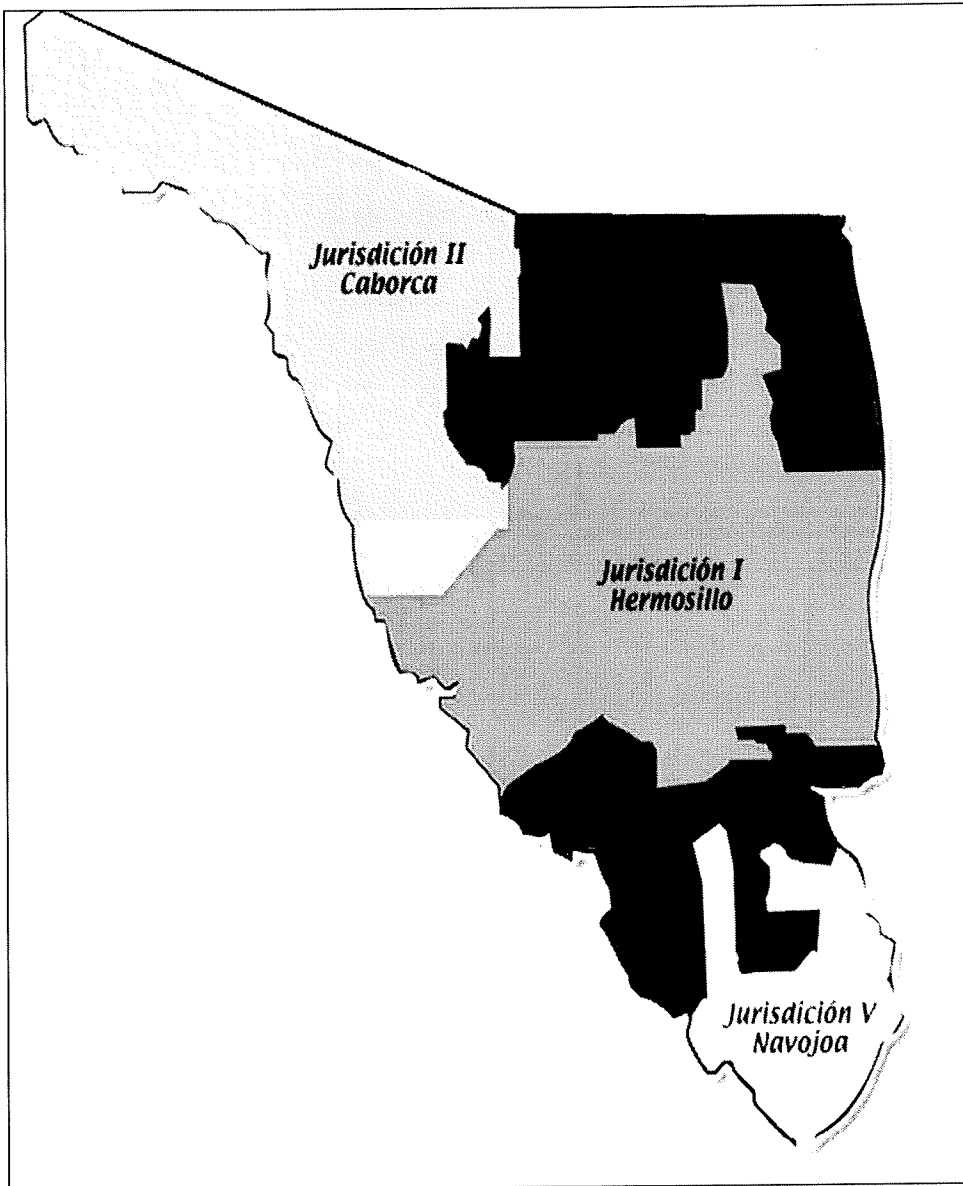


Figura 4. Jurisdicciones sanitarias del Estado de Sonora, México
Tomado de: Secretaría de Salud del Estado de Sonora, 2006.

Jurisdicción I: Aconchi, Carbo, Hermosillo, Mazatán, Moctezuma, Nácori Chico, Sahuaripa, Suaqui Grande, Ures y Villa Pesqueira. Población de >645,000 (INEGI, Censo Nacional 2000).

Jurisdicción II: Caborca, Pitiquito y Puerto Peñasco. Población de >255,00 (INEGI, Censo Nacional 2000).

Jurisdicción III: Benjamín Hill, Magdalena, Nogales, Santa Ana. Población de >203,000 (INEGI, Censo Nacional 2000).

Jurisdicción IV: Bácum, Cajeme, Empalme, Guaymas, Quiriego, Rosario y San Ignacio Río Muerto. Población de > 580,000 (INEGI, Censo Nacional 2000).

Jurisdicción V: Alamos, Navojoa, Huatabampo, Etchojoa y Benito Juárez. Población de > 320,000 (INEGI, Censo Nacional 2000).

OBJETIVOS

Considerando que el control de la población de mosquitos puede ser de suma importancia en cualquier programa de erradicación de estas enfermedades, la comprensión de la ecología poblacional del mosquito es crítica. Por ésta razón, las siguientes acciones son las que se investigaron:

1. Determinar las distribuciones temporales y espaciales de las especies de mosquitos que transmiten el dengue y el virus del oeste del Nilo en Sonora
2. Investigar hasta qué nivel los factores climáticos y del hábitat explican la variabilidad en los patrones de abundancia del mosquito tanto en escalas temporales como espaciales

Con el propósito de contestar estos dos tópicos se realizó el presente estudio con los siguientes objetivos específicos:

- 1. Estudiar la variación en la composición y abundancia de especies de mosquitos a lo largo de un año.
- 2. Determinar si existe variabilidad cualitativa y cuantitativa entre las tres localidades. Para tener una muestra representativa del estado de Sonora y con una distribución espacial adecuada, se seleccionaron las ciudades de Hermosillo, Guaymas y Navojoa, que se encuentran en las tres jurisdicciones con los mayores casos de dengue (Tabla I).
- 3. Determinar si hay una relación entre los patrones de variabilidad en las poblaciones de mosquitos con las variables climáticas y los índices de vegetación MODIS.

ÁREA GEOGRÁFICA DE ESTUDIOS

LOCALIDADES

Para el monitoreo mensual, fueron seleccionadas las ciudades de Hermosillo, que tiene una población de aproximadamente 630,000 habitantes, Guaymas que tiene una población de aproximadamente 120,000 habitantes y Navjoa (figura 5), que tiene una población de aproximadamente 120,000 habitantes (Censo Nacional 2000, INEGI), las cuales han sido de las localidades con el mayor índice de incidencia de dengue a través de los años (ver Tabla XI en anexos).

Con el fin de obtener una muestra representativa de cada ciudad, se escogieron 10 sitios dentro de cada ciudad, es decir se utilizaron un total de 30 trampas para todo el estudio (Figuras 6-8).

UBICACIÓN DEL ESTUDIO



Figura 5. Estado de Sonora, con la ubicación de las tres ciudades del estudio.

Tomado de: www.cosaes.com/imagenes/mapa-sonora.JPG

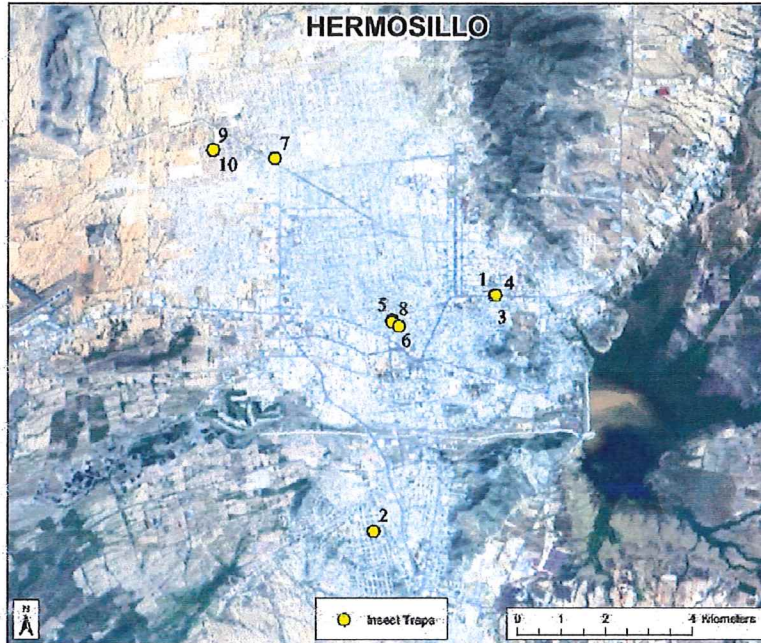


Figura 6. Ubicación de las 10 trampas en Hermosillo (Elaborada por el Departamento de Suelo, Agua y Ciencias Ambientales de la Universidad de Arizona).

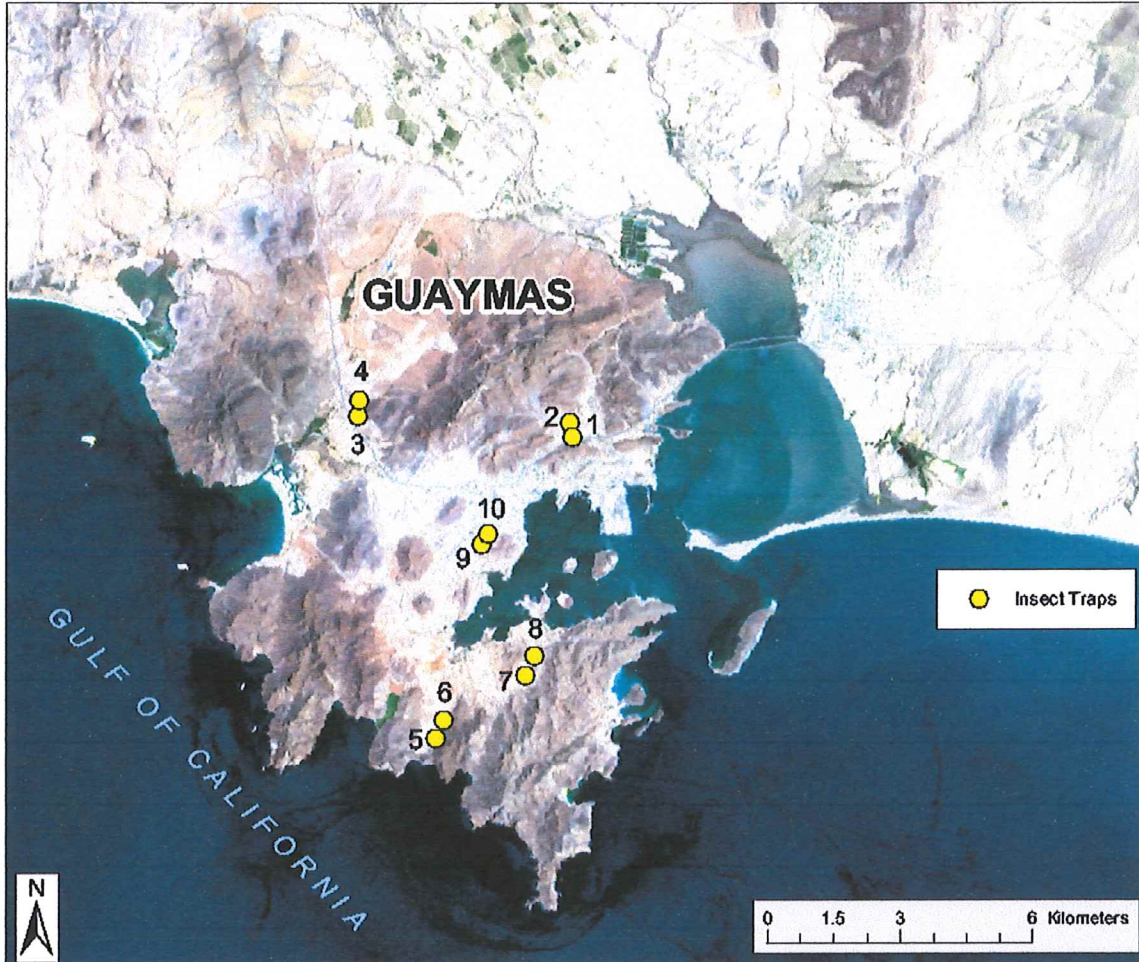


Figura 7. Ubicación de las 10 trampas en Guaymas (Elaborada por el Departamento de Suelo, Agua y Ciencias Ambientales de la Universidad de Arizona).

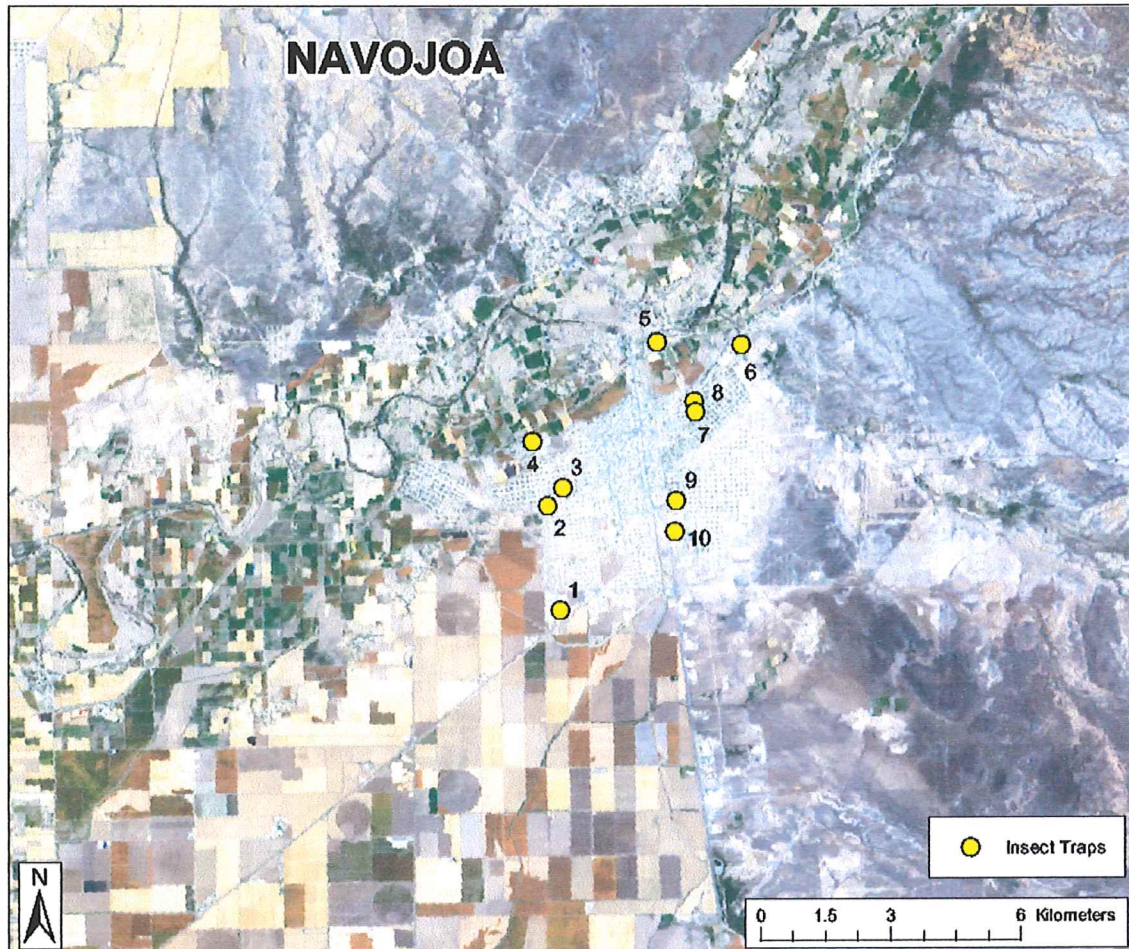


Figura 8. Ubicación de las 10 trampas en Navojoa (Elaborada por el Departamento de Suelo, Agua y Ciencias Ambientales de la Universidad de Arizona).

METODOLOGÍA

Se colocaron 10 trampas de dióxido de carbono específicas para mosquitos, en cada ciudad una vez al mes. Estas mismas fueron colocadas alrededor de toda la ciudad, tratando de realizar el muestreo en la mayor parte posible del área urbana (figuras 6-8 y tabla XXIV en anexos).

Las trampas se empezaron a colocar aproximadamente a las 16:00 horas en cada localidad, para asegurar que todas estuvieran funcionando antes de que oscureciera. Las trampas se colocaron en los patios de las casas seleccionadas y se empezaron a recoger a las 7:00 horas de la mañana siguiente. Se seleccionó este horario de acuerdo a los hábitos de alimentación de los mosquitos de interés en este estudio (Mattingly 1969).

Las trampas se colocaron desde junio del 2004 hasta junio del 2005. Los mosquitos fueron contados e identificados a nivel de especie (con una prioridad en los del género *Aedes*) con la ayuda de un microscopio estereoscópico y de una clave de identificación (Darsie y Ward 2005). La mayoría de los mosquitos fueron colocados en tubos eppendorff y depositados en un congelador a -80°C en el laboratorio Estatal de Salud Pública del Estado de Sonora, en Hermosillo, para ser empleados en un estudio posterior cuya finalidad es la detección del virus del dengue o del VON. Además, una muestra de los mismos fueron preservados en alcohol etílico al 70% y almacenados en la Facultad de Ciencias de la UABC (figura 9).

Los especímenes están rotulados de la siguiente manera.

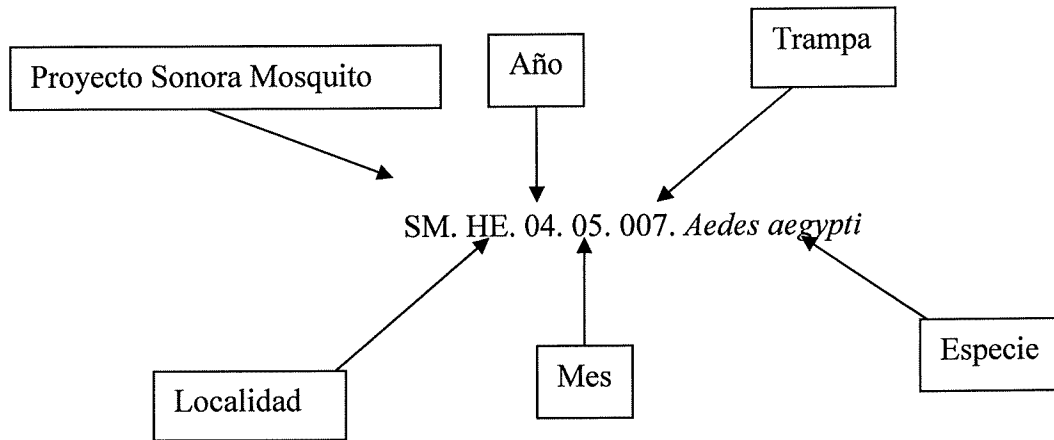


Figura 9. Rotulación de los mosquitos depositados en la Facultad de Ciencias, UABC.

DATOS CLIMATOLÓGICOS

Los datos climatológicos de precipitación, temperatura y humedad fueron obtenidos del Servicio Meteorológico Nacional (Comisión Nacional del Agua).

ÍNDICES DE VEGETACIÓN MODIS

En este estudio se emplearon los dos índices de vegetación para determinar la existencia de correlación entre estos índices con el número de mosquitos capturados en cada trampa. Actualmente dos índices terrestres MODIS son producidos globalmente cada 16 días, el NDVI (Normalized difference vegetation index) y EVI (Enhanced vegetation index). Donde el NDVI es un reflejo de la cantidad de clorofila y biomasa, y es optimizada para ser más sensible en áreas con poca cobertura de vegetación, mientras que el EVI refleja la variación en la estructura de la vegetación, y es optimizada para ser más sensible en regiones con una gran cobertura de vegetación.

Los índices de vegetación MODIS usados en este estudio representaban cuadrantes de 1km². Que en la mayoría de los casos corresponden a una sola trampa. Pero en ciertas ocasiones, cuando dos trampas se encontraban a una distancia menor de 1km entre si, las dos trampas compartieron el mismo índice a través del año (como fue el caso de las trampas 9-10 de Guaymas, y las trampas 2-3, 5-6, 7-8 y 9-10 de Navojoa). Todos los índices MODIS fueron obtenidos del Departamento de Suelo, Agua y Ciencias Ambientales de la Universidad de Arizona (Terrestrial Biophysics & Remote Sensing

Lab., Department of Soil, Water, and Environmental Science, The University of Arizona, Tucson, AZ).

ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Para examinar posibles asociaciones entre las variables climáticas y ecológicas con la abundancia de mosquitos se realizaron análisis de regresión. Las variables independientes fueron precipitación, temperatura, humedad e índices de vegetación obtenidas de imágenes satelitales. Estos análisis de regresión fueron realizados usando el software SYSTAT versión nueve.

Debido a que tanto el índice NDVI como el EVI son medidas ecológicas, que reflejan el resultado de la asociación de las condiciones ambientales con el ambiente, se optó por usar ambos índices para el análisis estadístico de su asociación con la abundancia temporal de los mosquitos. Aunque ambos son un poco distintos la principal diferencia entre los dos es que el índice NDVI es un reflejo de la cantidad de clorofila y biomasa, mientras que el índice EVI es un reflejo de la estructura de la vegetación, por lo que el índice NDVI es mas sensible a cambios en áreas con poca cobertura de vegetación, y el índice EVI es mas sensible a cambios en áreas con mucha densidad de vegetación.

Debido a la historia natural de los mosquitos y a la variabilidad en el tiempo que toma el desarrollo de un mosquito en pasar por sus distintas fases de su ciclo natural que comprende huevo, larva, pupa y adulto, el análisis estadístico para las variables climáticas: temperatura promedio, temperatura mínima, temperatura máxima,

precipitación y humedad relativa se realizó usando el promedio para el caso de temperaturas y humedades. Para la variable de precipitación se utilizó la acumulación de agua de un mes anterior a la colecta y la acumulación de 60 a 30 días antes de la fecha de colecta.

Las regresiones realizadas con los índices MODIS se realizaron de la siguiente manera.

Presente: Regresión usando los índices de vegetación de la misma fecha en que se realizó la captura de mosquitos.

16 días: Regresión usando los índices de vegetación de aproximadamente 16 días antes de la fecha en que se realizó la captura de mosquitos.

32 días: Regresión usando los índices de vegetación de aproximadamente un mes antes de la fecha en que se realizó la captura de mosquitos.

RESULTADOS

ABUNDANCIA Y DISTRIBUCIÓN

Dentro de las tres ciudades muestreadas la mayoría de mosquitos fueron del género *Culex spp.*. Debido a la cantidad de mosquitos que se capturaron pertenecientes a este género (29,628) y a que este estudio está enfocado en los *Aedes aegypti*, no se realizó la identificación a nivel de especie de todos los *Culex spp.* de Navojoa de ciertos meses de colecta. Al usar una muestra aleatoria de 40 mosquitos de estos meses y con la ayuda del Dr. Frank Ramberg (entomólogo médico de la Universidad de Arizona, especialista en mosquitos), se observó que la mayoría de estos mosquitos (>98%) eran *C. quinquefasciatus* (vector del VON), mientras que el resto se cree que eran *C. interrogator* (una especie de la que se sabe muy poco). Esta última identificación no fue corroborada debido a la falta de mosquitos machos. Por esta razón en todas las gráficas de Navojoa se usará *C. quinquefasciatus*.

En la figura 10 se puede observar claramente que el tamaño de las tres poblaciones de *C. quinquefasciatus* de cada ciudad son notablemente diferentes. Las poblaciones disminuyen al aumentar la latitud. En Hermosillo se obtuvo la población más pequeña, seguida por Guaymas, finalizando con la población más abundante en Navojoa.

Con respecto al cambio de las poblaciones con el tiempo, se observó que las poblaciones de *C. quinquefasciatus* fueron más variables que las poblaciones de *A. aegypti*. Las poblaciones de *C. quinquefasciatus* tuvieron dos épocas de mayor

abundancia. La primera ocurrió en los meses de agosto a octubre, que coincide con las mayores poblaciones de *A. aegypti*. La segunda época se presentó en los meses de Febrero a Abril (figuras 11, 16 y 21). Aunque esta segunda época de crecimiento poblacional no fue tan abrupta en Guaymas, en Hermosillo y en Navjoa si se observó un aumento poblacional durante estos meses (figura 27).

Las poblaciones de *A. aegypti* como se observa en la figura 26 fueron prácticamente idénticas, tanto en el patrón a través del año como en el tamaño poblacional entre las tres ciudades. En donde en los meses de agosto a septiembre las tres poblaciones aumentaron significativamente. Pero a diferencia de *C. quinquefasciatus*, las poblaciones de *A. aegypti* solo presentaron una época del año en donde las poblaciones crecieron.

En relación a la captura de mosquitos de otras especies, estos fueron muy pocos y presentes de forma irregular durante el año de estudio, como se puede observar en la tabla XII de los anexos.

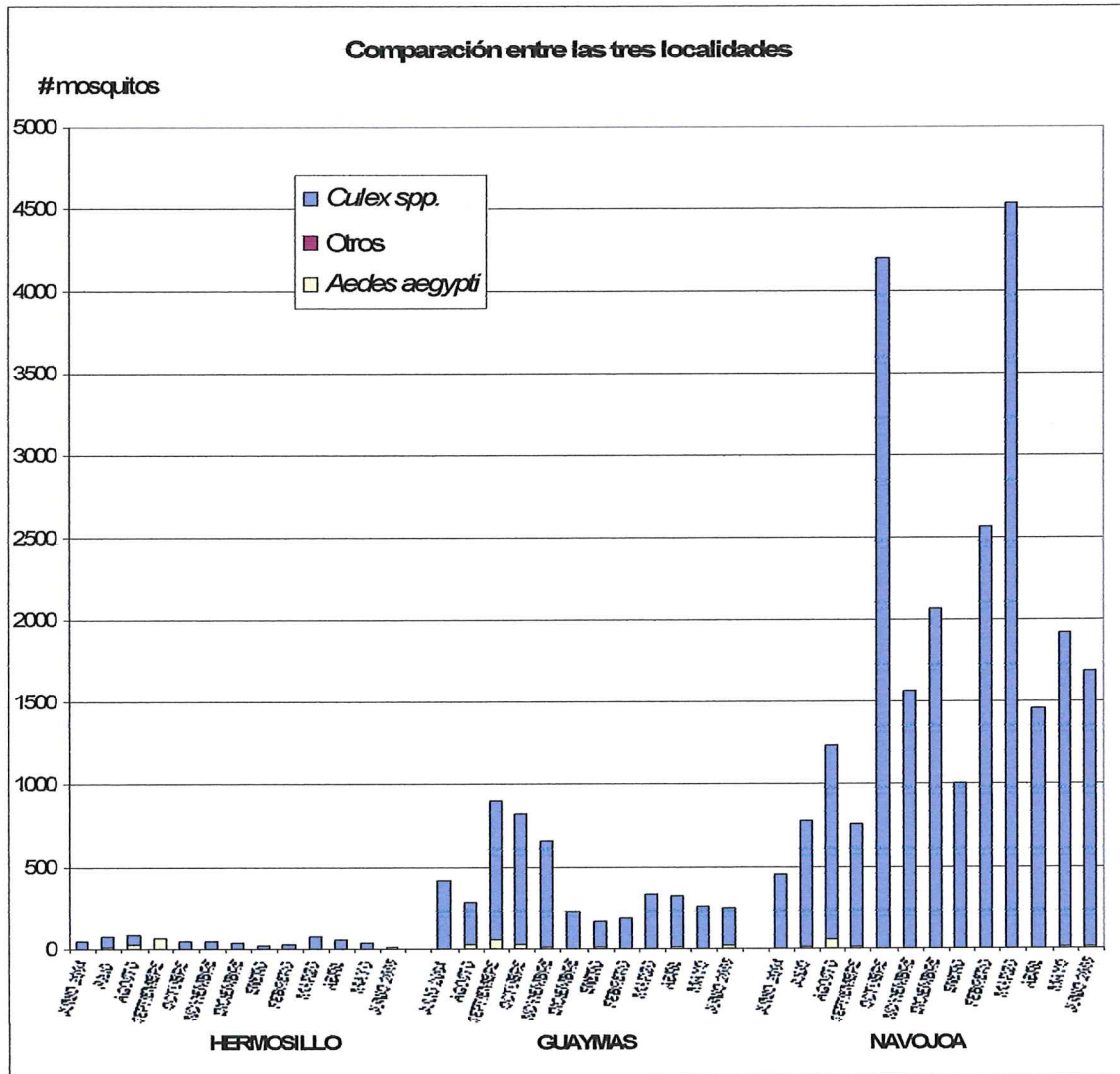


Figura 10. Número de mosquitos capturados durante el año de muestreo (Junio 2004 –Junio 2005) en las tres ciudades de Sonora.

POBLACIONES DE CADA CIUDAD

HERMOSILLO

En la figura 11 se puede apreciar el cambio de las dos poblaciones a través del año de muestreo. Se puede observar que la población de *Culex quinquefasciatus* fue mayor y de forma más constante a través del año que la población de *Aedes aegypti*.

La población de *Aedes aegypti* de Hermosillo tuvo una sola época del año en que la población aumentó significativamente, como se observa en la figura 12. Esta época fue durante los meses de agosto y septiembre, con una caída drástica en Octubre. El resto del año la población se mantuvo en números muy bajos, con un promedio de 2.09 mosquitos/mes (excluyendo agosto y septiembre). Para el caso de *Culex quinquefasciatus* la población tuvo dos épocas de aumento significativo. Una fue durante los meses de julio, agosto y septiembre, y la otra fue durante marzo y abril. En la figura 11 se observa que la población de *Culex quinquefasciatus* en Hermosillo tuvo variaciones de abundancia relativa menos fuertes que la de *Aedes aegypti*. En cuanto a los meses de menor abundancia de *Culex quinquefasciatus*, al parecer esta especie sufre dos bajas durante el año (figura 13), una a principios de año y otra a mediados de año. El promedio de *Culex quinquefasciatus* capturados por mes fue de 47.1, a diferencia de 8.5 para *Aedes aegypti*.

La distribución espacial de *A. aegypti* dentro de la ciudad de Hermosillo (figura 14), fue muy variable. La trampa 4 fue la que presentó una mayor constancia a poseer mosquitos a través de todo el año de muestreo, a diferencia de la trampa 7 en donde no se capturó a ningún *A. aegypti* durante todo el año de colecta.

Con respecto a la distribución espacial de *C. quinquefasciatus* (figura 15) la trampa número 10 fue la que tuvo el mayor número de mosquitos, capturando un total de 317 en los 13 meses de colecta, seguidas por las trampas 3 y 4 que capturaron 93 y 72 individuos en total respectivamente. Las trampas 5, 6, 7 y 8 fueron las de menor captura, menos de 10 mosquitos cada una (8, 4, 5 y 9 individuos, respectivamente).

En las figuras 14 y 15 se observa que los patrones espaciales para *C. quinquefasciatus* y *A. aegypti* en la ciudad de Hermosillo no son los mismos, confirmando lo encontrado en estudios anteriores, el hecho de que estas dos especies no poseen los mismos hábitos (Mazine *et al.*, 1996, Marquardt, 2004).

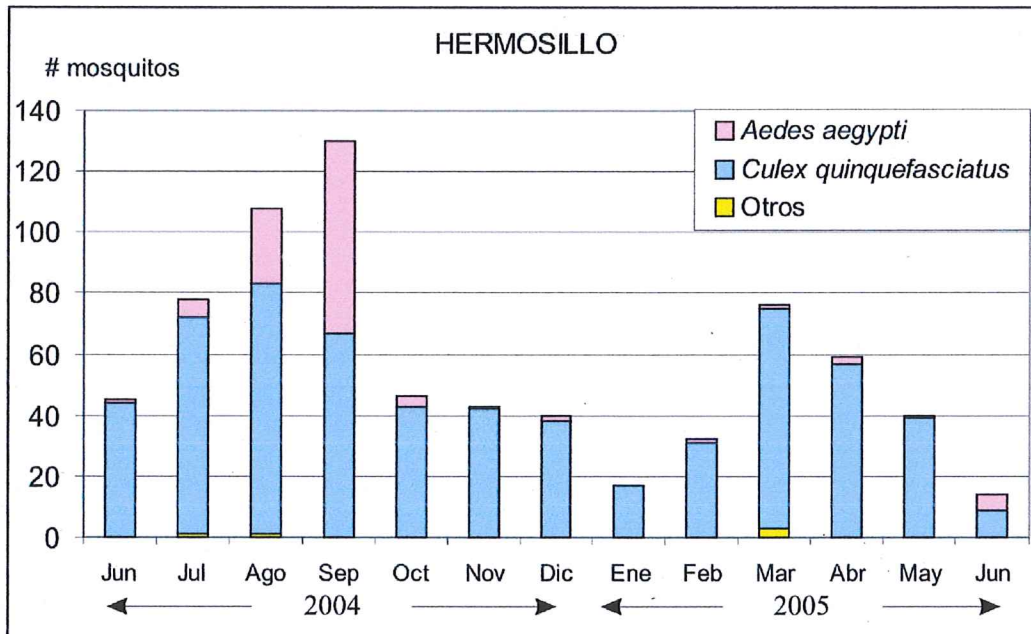


Figura 11. Número de mosquitos en Hermosillo, Sonora.

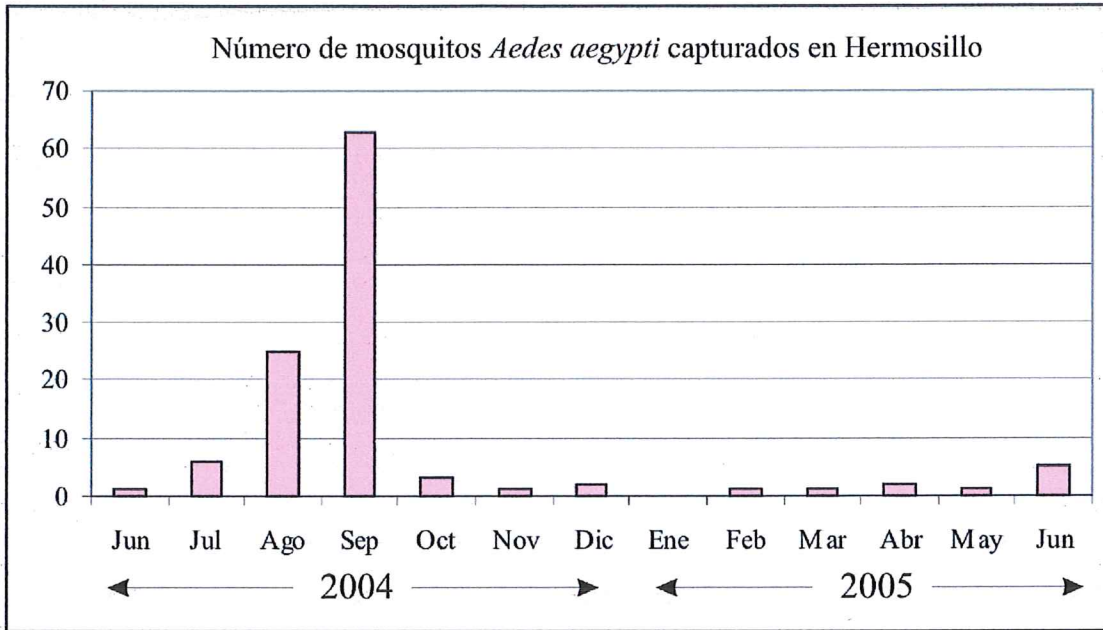


Figura 12. Número de *Aedes aegypti* capturados en Hermosillo, Sonora durante el año de muestreo.

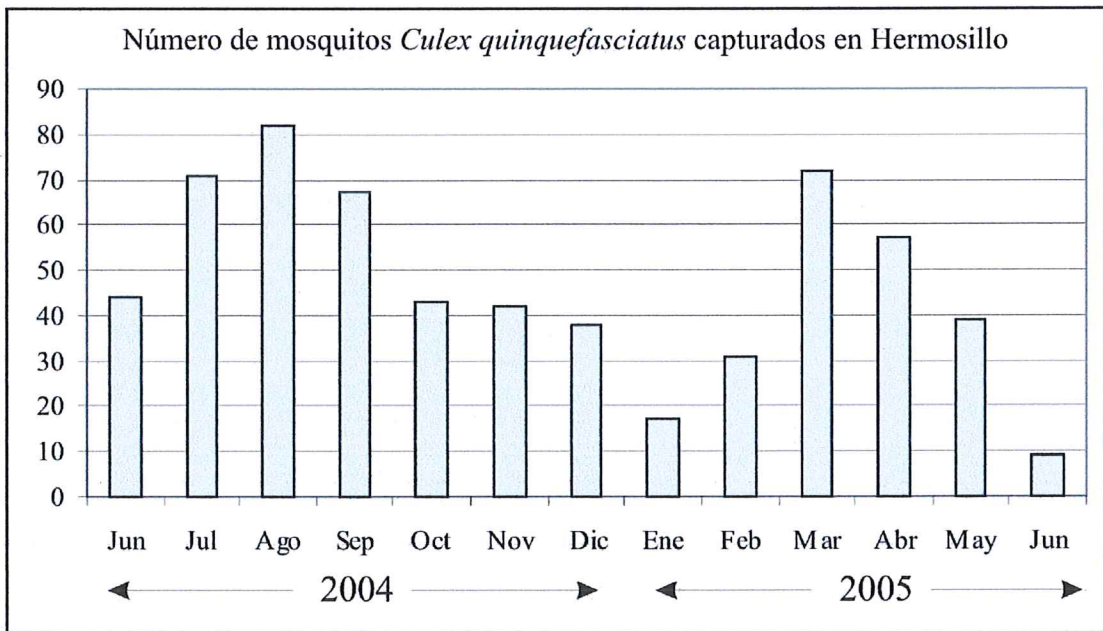


Figura 13. Número de *Culex quinquefasciatus* capturados en Hermosillo, durante el año de muestreo.

GUAYMAS

Las poblaciones en la ciudad de Guaymas se pueden observar en la figura 16. La diferencia en la tasa de *Culex:Aedes* en esta ciudad es bastante distinta a la de Hermosillo. En Guaymas la tasa de *Culex:Aedes* fue de 70:1 mientras que Hermosillo tuvo una tasa de 25:1. Sin embargo la población de *Aedes aegypti* fue muy similar a la de Hermosillo (figura 26).

Otro aspecto que también se puede observar en la figura 16, es el hecho de que septiembre fue el mes en el que las poblaciones tanto de *A. aegypti* (59 mosquitos) como de *C. quinquefasciatus* (905 mosquitos) fueron las más abundantes.

Al igual que en Hermosillo, septiembre fue el mes en que las poblaciones de *A. aegypti* tuvieron el mayor número de individuos, pero la población no decayó drásticamente en Octubre. Sin embargo la población se mantuvo en números bajos la mayor parte del año, al igual que en Hermosillo y Navojoa (figura 17).

La población de *C. quinquefasciatus* tuvo dos épocas de incremento (figura 18) la más pronunciada fue durante los meses de septiembre, octubre y noviembre, la menos intensa fue durante marzo y abril. Sin embargo la población siempre se mantuvo en números altos en comparación de la población de *A. aegypti*.

La distribución espacial de *Aedes aegypti* en Guaymas fue la más homogénea de las tres ciudades (figura 19). La única trampa que fue un poco distinta a las demás fue la trampa 5, que capturó relativamente mas mosquitos que todas las demás trampas en el mes de septiembre.

En cuanto a la distribución espacial de *Culex quinquefasciatus* al observar la figura 7, se puede observar que las trampas se encuentran colocadas en pares. Esta característica del muestreo está reflejada en la figura 20, en donde los patrones de las trampas que se encuentran en la misma sección de la ciudad son muy similares entre sí. Las zonas de la ciudad que poseen las trampas 3-4 y 7-8 poseen una cantidad mucho mayor de mosquitos de esta especie en comparación con las de otras zonas de la ciudad.

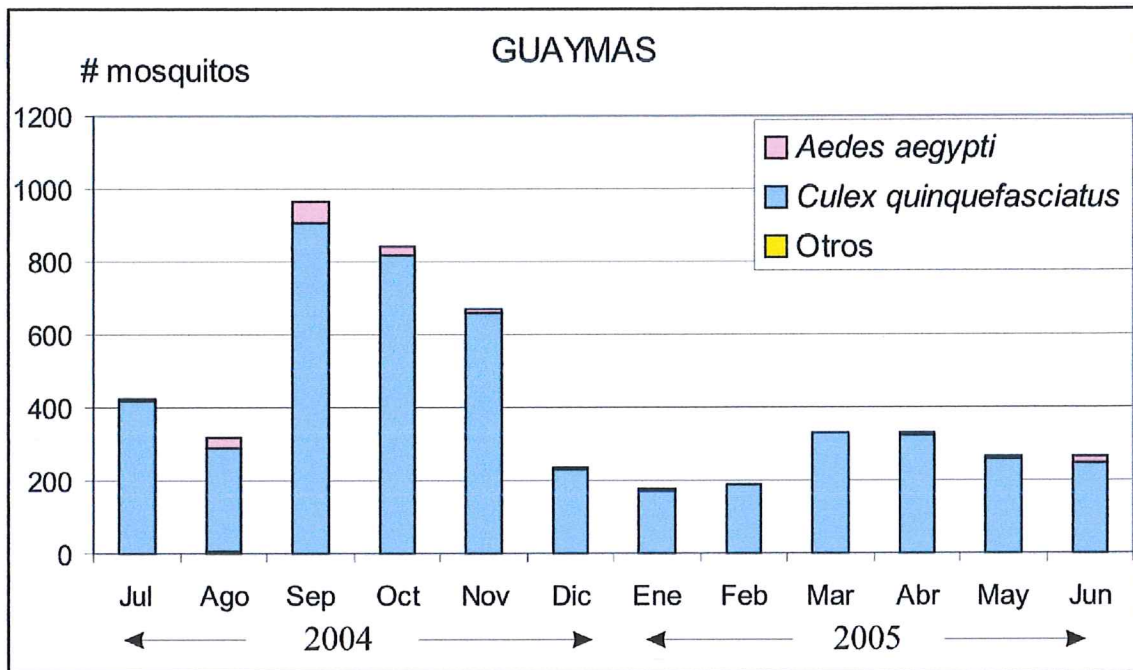


Figura 16. Número de mosquitos capturados en Guaymas, Sonora.

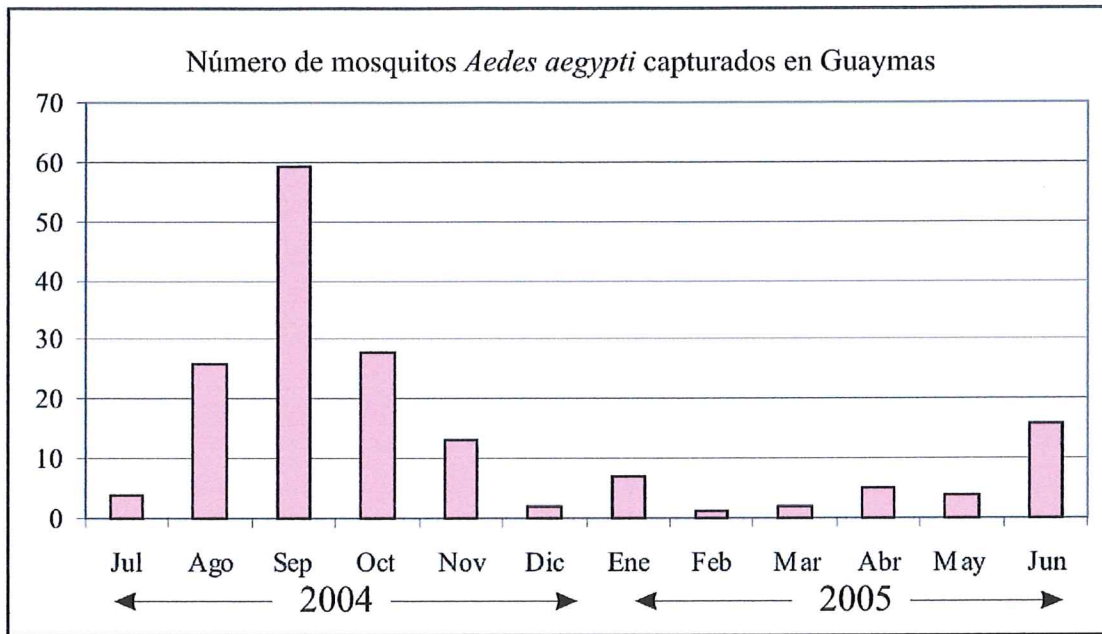


Figura 17. Número de *Aedes aegypti* capturados en Guaymas, Sonora durante el año de muestreo.

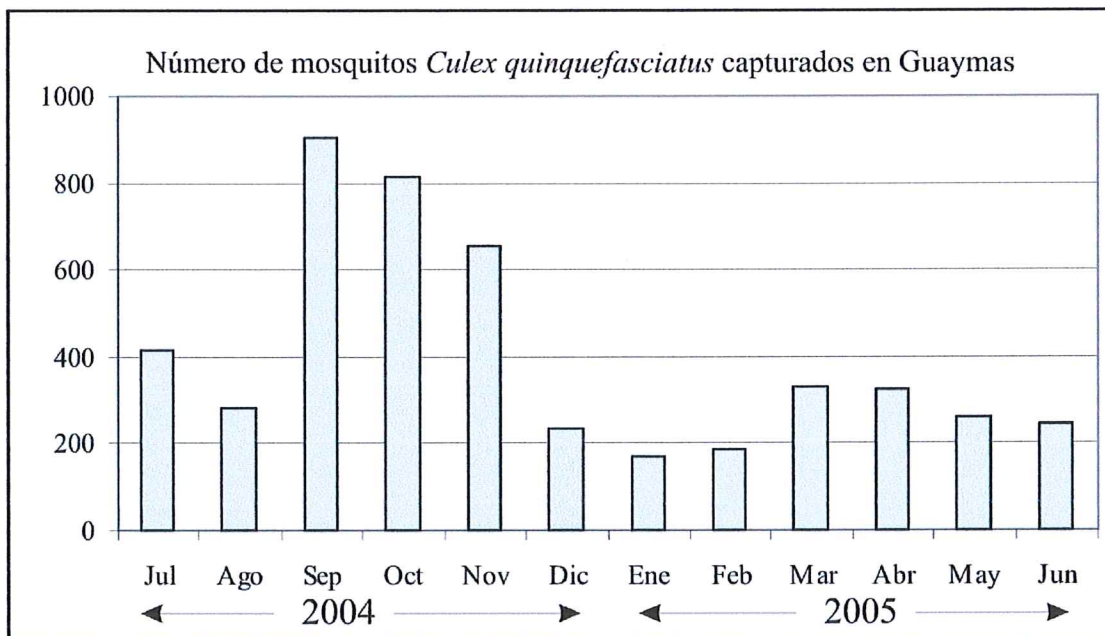


Figura 18. Número de *Culex quinquefasciatus* capturados en Guaymas, Sonora durante el año de muestreo.

NAVOJOA

La relación de *Culex:Aedes* en Navojoa fue de 255:1, algo que se aprecia en la figura 21. En cuanto a la población de *Aedes aegypti*, el patrón para Navojoa fue muy similar al patrón de las demás ciudades, sin embargo para *Culex quinquefasciatus* se puede apreciar en la misma figura 21 que hubo dos épocas en el año en las que la población aumento drásticamente, éstas ocurrieron en octubre y en marzo. A diferencia de las demás ciudades, fue a principios de año en marzo cuando se capturaron el mayor número de *C. quinquefasciatus*.

La población de *A. aegypti* en Navojoa fue la más pequeña de las tres ciudades. La época del año con el mayor índice de población fue en agosto, mientras que en las otras ciudades el mayor índice de crecimiento poblacional se observó en septiembre.

En la figura 22, se puede observar que durante los meses de noviembre a marzo en Navojoa no se capturó ningún individuo de la especie *A. aegypti*. Esto sugiere que la población desaparece, lo cual es posible debido a la capacidad de los huevecillos de esta especie a permanecer en estado de latencia por más de un año (Mattingly 1969 y Clements 1999) o a permanecer en números muy bajos durante esta época. La población de *C. quinquefasciatus* tuvo el índice poblacional más alto que el de las otras ciudades (figura 23).

En términos de la distribución espacial de *A. aegypti* en Navojoa todas las trampas fueron distintas entre si (figura 24). Las únicas trampas que capturaron números similares

de organismos fueron las trampas 8, 9 y 10. Sin embargo, durante los meses de noviembre a marzo no se capturó a ningún *Aedes aegypti*.

La distribución espacial de *C. quinquefasciatus* en Navojoa, como se observa en la figura 25, fue totalmente distinta a la de *A. aegypti*. Las trampas 4, 5 y 6 fueron las que capturaron el mayor número de individuos de forma constante a través de todo el año de muestreo. Dichas estaciones se encuentran situadas en las periferias del río Mayo, por lo que es probable que los criaderos sean charcos de agua en la periferia del río producidos por el mismo cuerpo de agua (figura 8). Esta característica del muestreo concuerda con lo citado en antecedentes, acerca de las preferencias de estas especies en sus sitios de ovoposición (Mazine *et al.*, 1996, Marquardt, 2004).

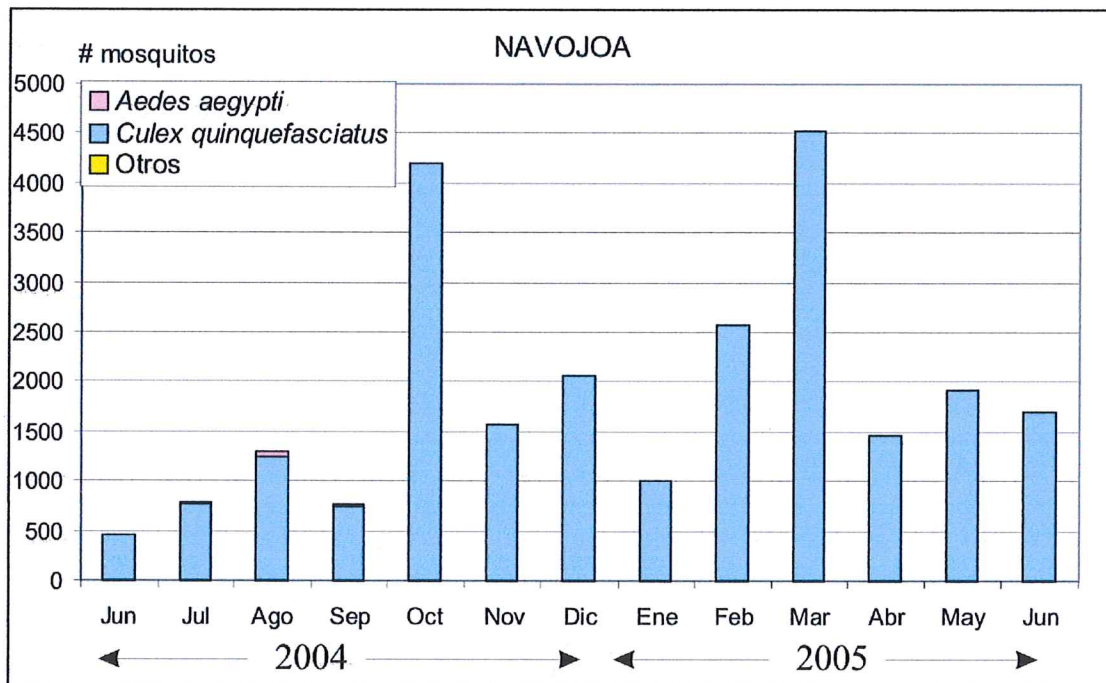


Figura 21. Número de mosquitos capturados en Navojoa, Sonora durante el año de muestreo.

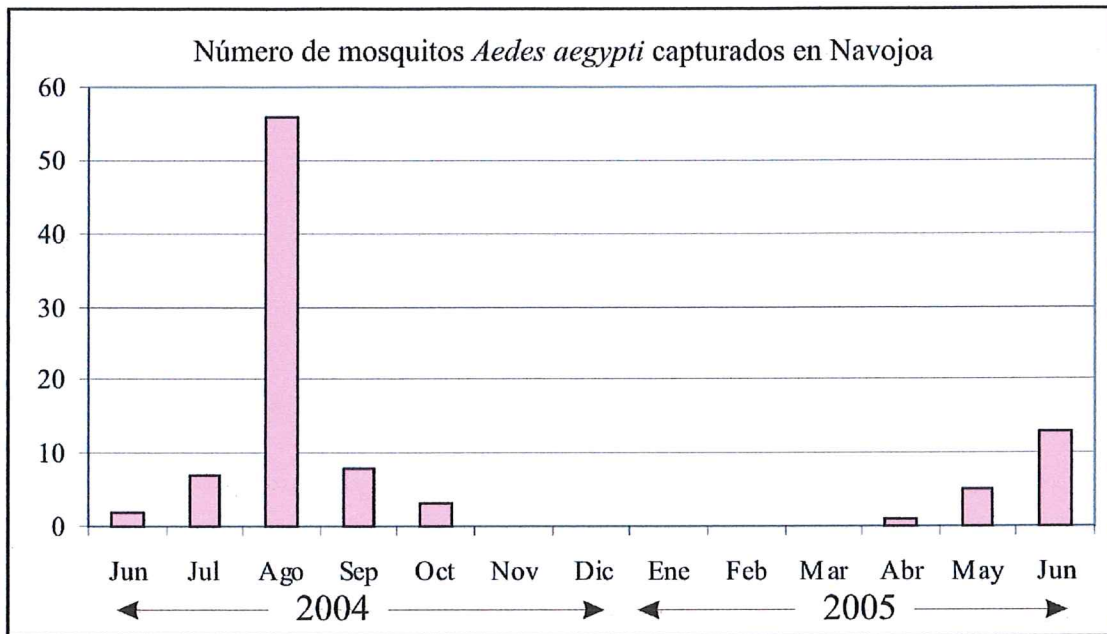


Figura 22. Número de *Aedes aegypti* capturados en Navojoa, Sonora durante el año de muestreo.

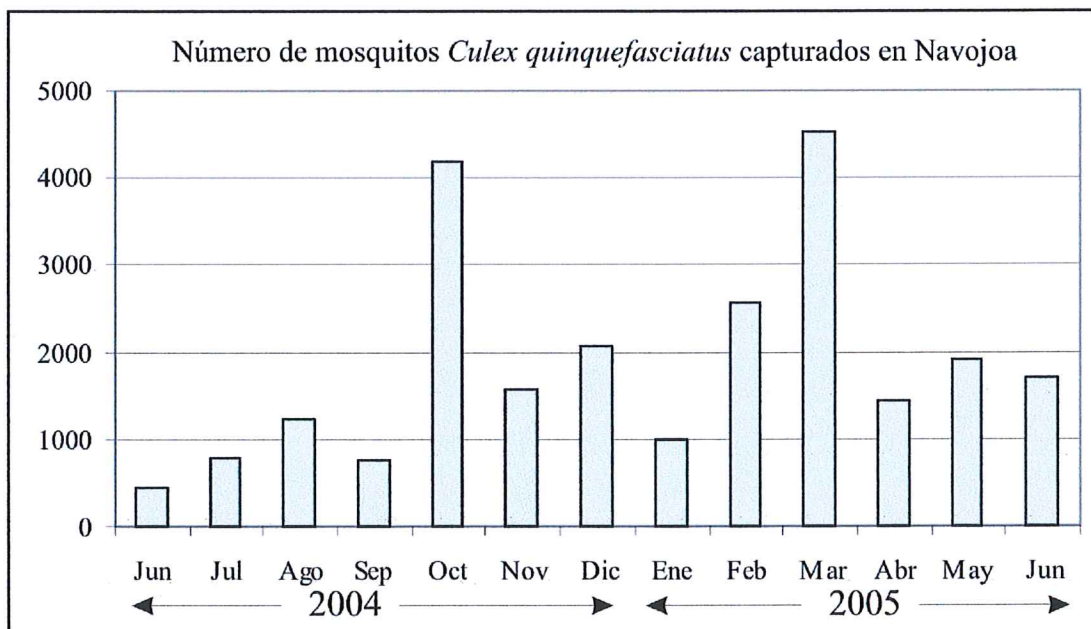


Figura 23. Número de *Culex quinquefasciatus* capturados en Navojoa, Sonora durante el año de muestreo.

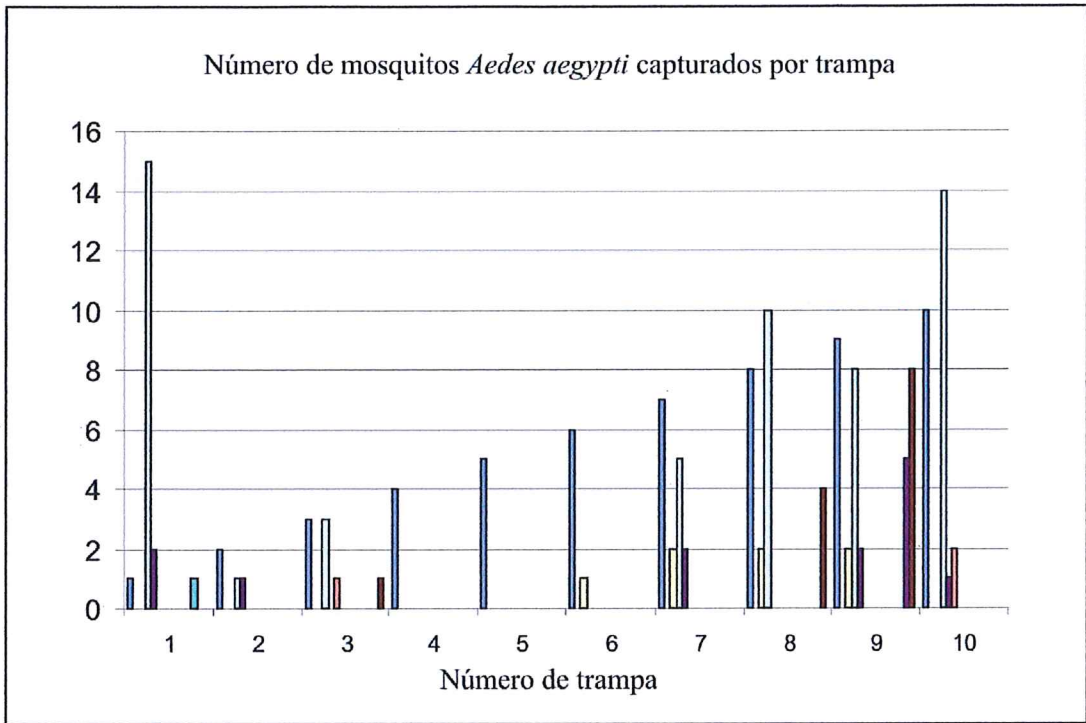


Figura 24. Comparación de trampas para *Aedes aegypti* en Navajoa, Sonora a través del año de muestreo.

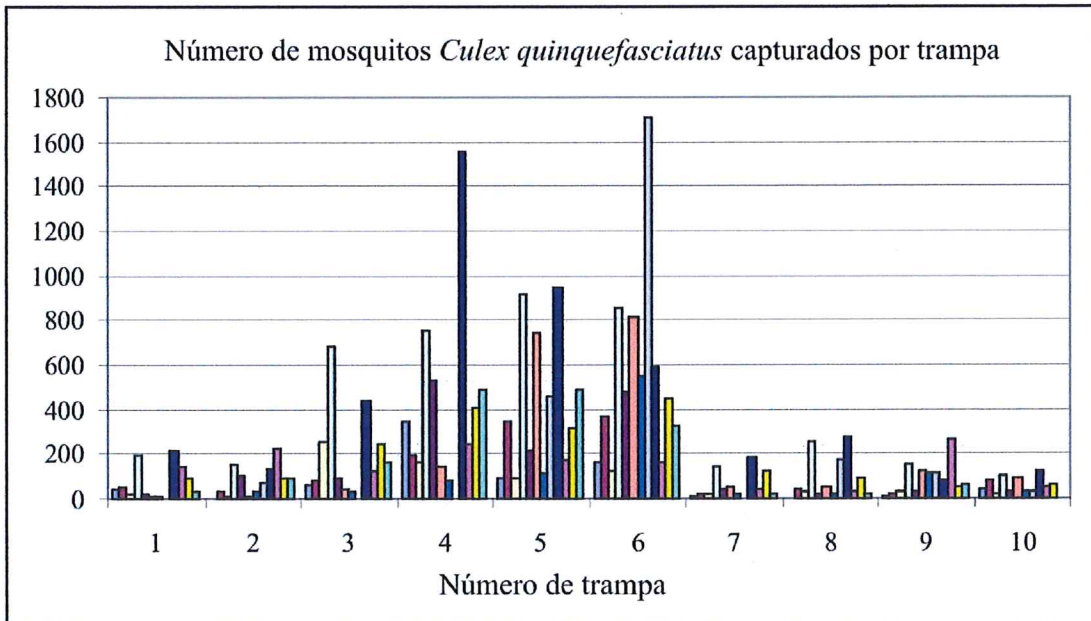


Figura 25. Comparación de trampas para *Culex quinquefasciatus* en Navajoa, Sonora a través del año de muestreo.

PATRONES ANUALES PARA CADA ESPECIE

Aedes aegypti fue la especie que se comportó de una forma muy similar, tanto en el patrón temporal como en el tamaño de las tres poblaciones en las tres localidades, como se puede apreciar en la figura 26.

En los meses de agosto a septiembre se observó un aumento significativo en el tamaño de las tres poblaciones. En el resto del año ellas se reducen drásticamente, quizá hasta el punto en que sólo los huevecillos permanecen en un estado de latencia, esperando los cambios climáticos o socioeconómicos favorables, para continuar su desarrollo.

Para *Culex quinquefasciatus* la historia fue distinta, ya que hubo diferencia en el tamaño de las poblaciones en las tres ciudades. La ciudad de Navojoa fue la que presentó la población más grande, seguida por Guaymas y por último por Hermosillo. Sin embargo, se puede observar en la figura 27, que las tres poblaciones comparten ciertos patrones, que son diferentes a los observados para *A. aegypti*. Las tres poblaciones coinciden en tener dos épocas al año en el que las poblaciones crecen significativamente. La primera época es en agosto, septiembre y octubre, en coincidencia con *A. aegypti*, mientras que la segunda época de crecimiento poblacional es en el mes de marzo.

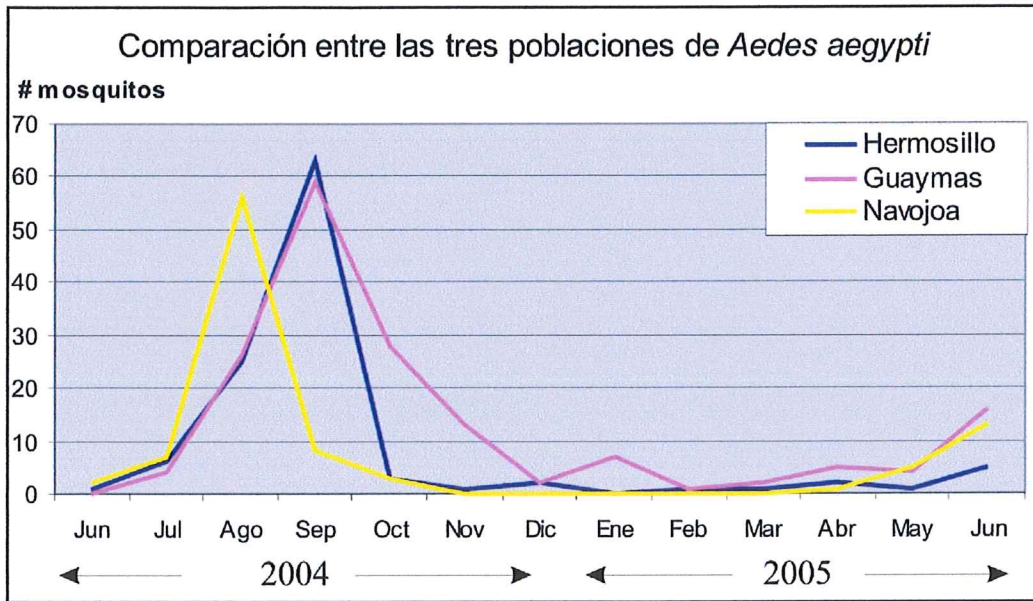


Figura 26. Comparación de los patrones entre las tres ciudades de Sonora para las poblaciones de *A. aegypti*.

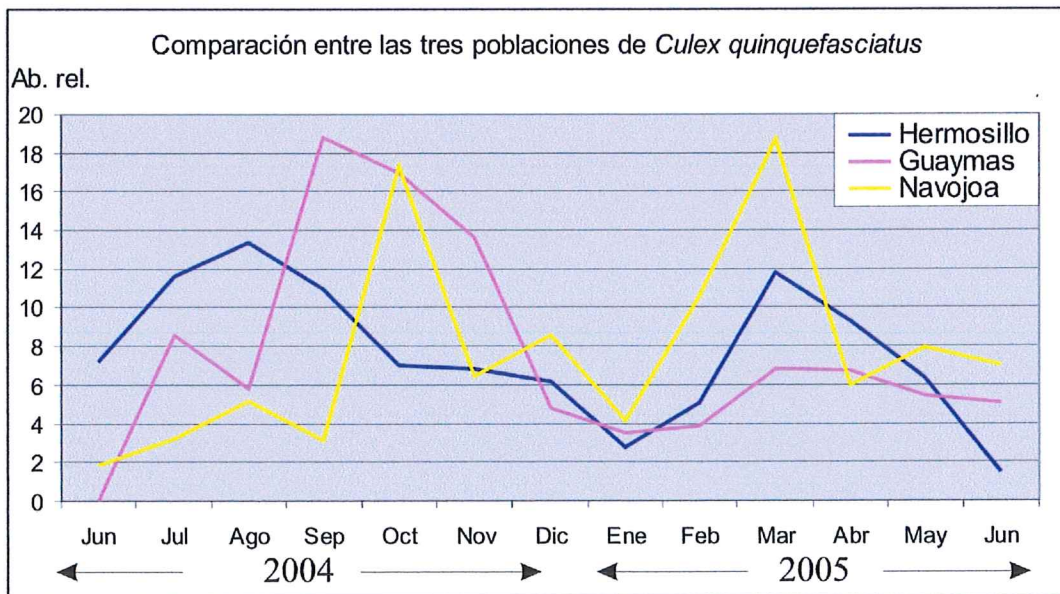


Figura 27. Comparación de los patrones entre las tres ciudades de Sonora para las poblaciones de *Culex quinquefasciatus*, usando abundancias relativas.

FACTORES CLIMÁTICOS

La figura 28 muestra que las precipitaciones pluviales fueron distintas en las tres ciudades, pero como rasgo común se tiene que las principales precipitaciones se presentaron de los meses de julio a octubre y lluvias menores en enero y febrero, con excepción de Guaymas, donde no llovió durante estos dos últimos meses. Las temperaturas promedio mensuales fueron muy similares entre las tres ciudades (figuras 29, 30 y 31), así como las humedades relativas (figura 32). La humedad relativa más alta fue la observada en Guaymas seguida por Navojoa y luego Hermosillo (figura 32).

Desafortunadamente los datos de humedad relativa de Junio a Octubre de 2004 en Navojoa no estuvieron disponibles, por lo que no se usó este parámetro para el análisis estadístico de Navojoa.

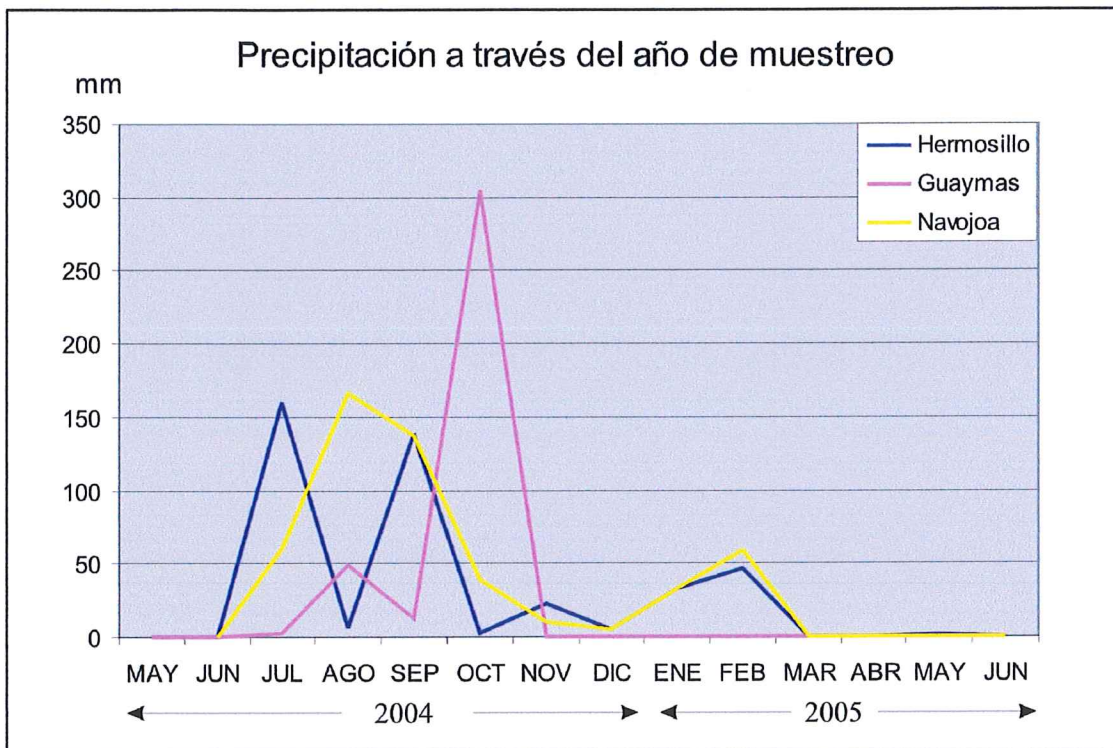


Figura 28. Milímetros de precipitación de las tres ciudades de Sonora, a través del año de muestreo.

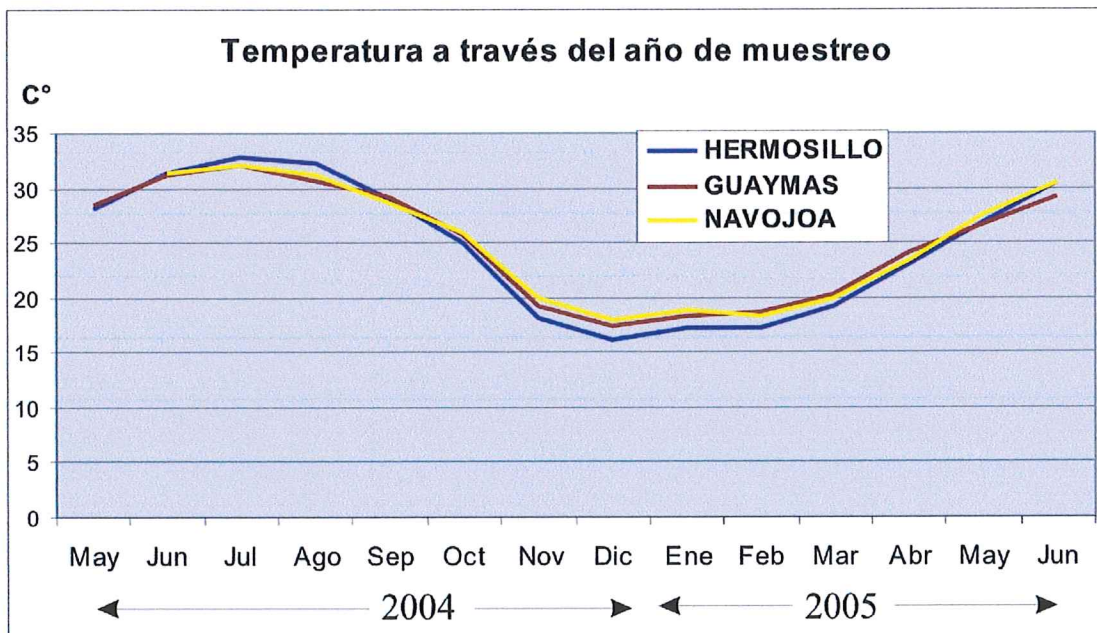


Figura 29. Temperatura promedio entre las tres ciudades de Sonora, a través del año de muestreo.

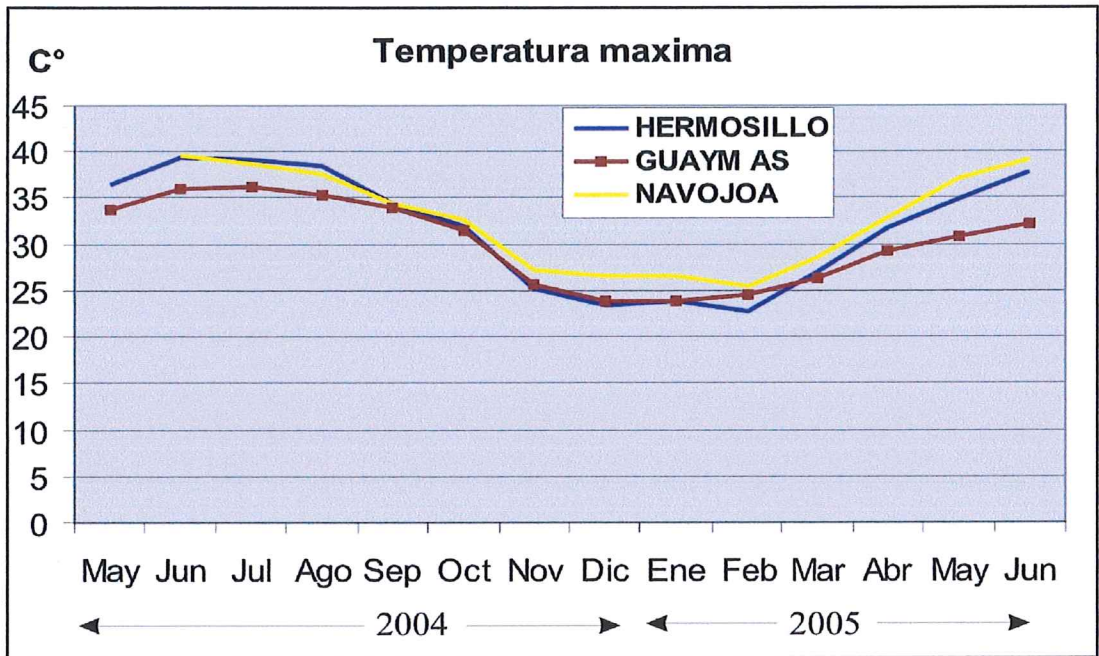


Figura 30. Temperatura máxima entre las tres ciudades de Sonora, a través del año de muestreo.

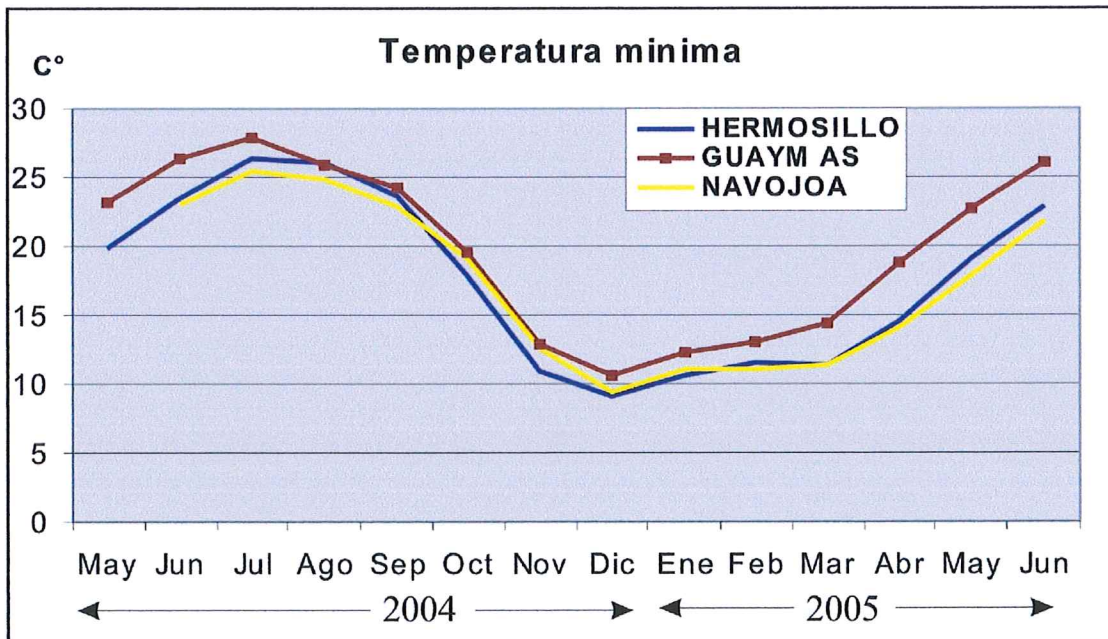


Figura 31. Temperatura mínima entre las tres ciudades de Sonora, a través del año de muestreo

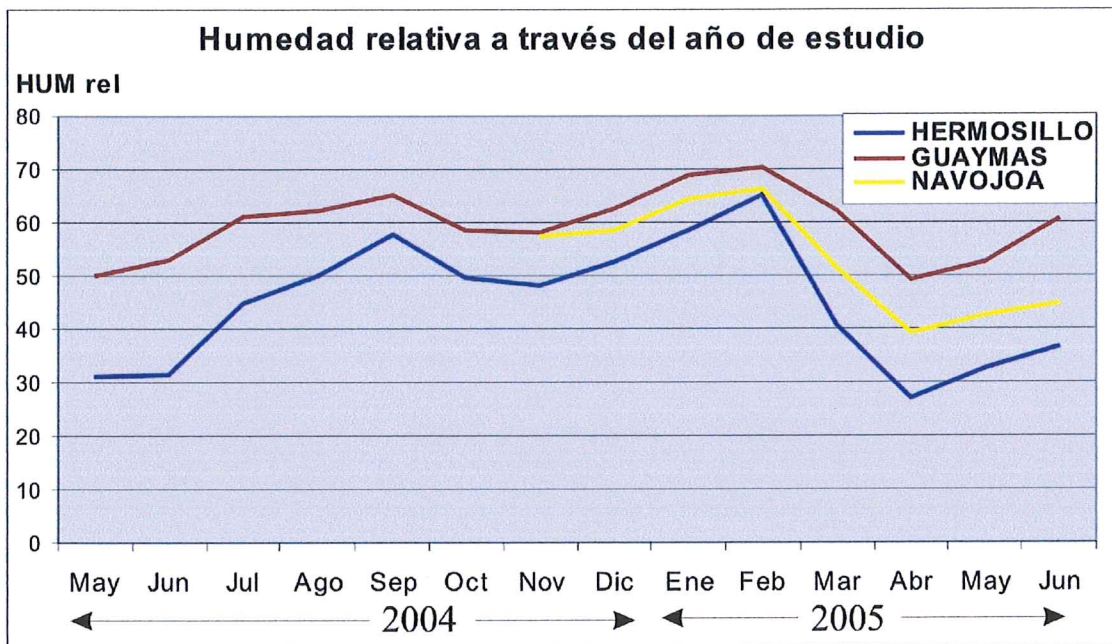


Figura 32. Humedad relativa de las tres ciudades de Sonora, a través del año de muestreo.

ANÁLISIS DE ASOCIACIÓN ENTRE LAS VARIABLES CLIMÁTICAS Y LA ABUNDANCIA DE MOSQUITOS

PRECIPITACIÓN

De todas las regresiones realizadas, sólo la población de *Aedes aegypti* de Hermosillo, fue la que mostró correlación significativa con este parámetro. Sobretudo para la regresión realizada con la precipitación acumulada de 30 días antes de la fecha de muestreo (tabla I y figura 33).

Tabla I. Regresiones de precipitación en Sonora usando la precipitación acumulada de 30 días antes del muestreo, y del día 60 al 30 antes del muestreo. * $p < 0.05$, ** $p < 0.001$ N/S : No significativo

		Hermosillo		Guaymas		Navojoa	
		<i>Aedes sp.</i>	<i>Culex sp.</i>	<i>Aedes sp.</i>	<i>Culex sp.</i>	<i>Aedes sp.</i>	<i>Culex sp.</i>
PRE	30días	0.61**	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S
	60-30d	0.35*	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S

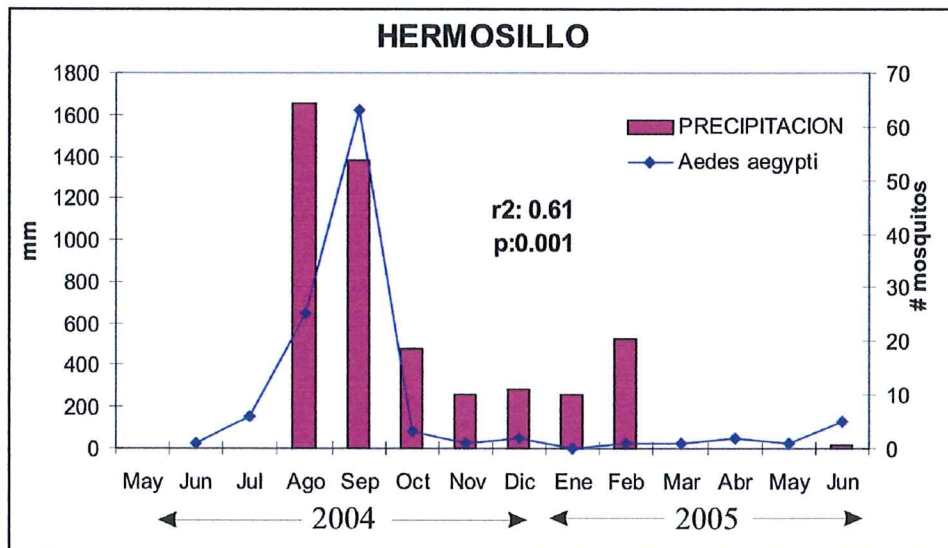


Figura 33. Regresión entre la población de *Aedes aegypti* de Hermosillo, con la precipitación acumulada de 30 días antes del muestreo.

HUMEDAD

La humedad también juega un papel importante en la historia natural de los mosquitos. Ciertos estudios han demostrado que la humedad esta correlacionada con la actividad alimenticia de los mosquitos adultos (Takken, 1997). Debido a que las trampas usadas en este estudio, capturan a mosquitos principalmente hembras que están buscando alimento, en casos en donde la humedad no es la ideal para el mosquito adulto, este parámetro puede influenciar la cantidad de organismos que se capturan, y ser tendenciosa, pues existe la posibilidad de que se capturen menos mosquitos de los que actualmente se encuentren cerca.

Debido a que sólo se pudo obtener siete meses de datos de humedad para la ciudad de Navojoa no se consideró esta localidad en los análisis estadísticos para este parámetro.

Tabla II. Regresiones de humedad en Sonora usando la humedad promedio, de 30 días antes del muestreo y del día 60 al 30 antes del muestreo.

. *p<0.05, **p<0.001 N/S : No significativo NR: no se realizó

		Hermosillo		Guaymas		Navojoa	
		<i>Aedes sp.</i>	<i>Culex sp.</i>	<i>Aedes sp.</i>	<i>Culex sp.</i>	<i>Aedes sp.</i>	<i>Culex sp.</i>
HUM	30 d	N/S	N/S	N/S	N/S	NR	NR
	60-30d	N/S	N/S	N/S	N/S	NR	NR

TEMPERATURA

La temperatura también puede ser un factor muy importante en las poblaciones de mosquitos. Como se puede observar en la tabla III es frecuente obtener buena correlación entre estos parámetros. La mayoría de las correlaciones significativas fueron aquellas en donde se usó la temperatura de los días 60 a 30 antes de la fecha de muestreo. Sin

embargo la correlación más significativa de todas fue la de la temperatura mínima de 30 días antes de la fecha de muestreo con la población de *Aedes aegypti* de la ciudad de Navojoa (figura 34).

Tabla III. Regresiones de temperatura en Sonora usando la temperatura promedio, la temperatura máxima y la temperatura mínima promedio de 30 días antes del muestreo y del día 60 al 30 antes del muestreo.

*p<0.05, **p<0.001 N/S : No significativo

		Hermosillo		Guaymas		Navojoa	
		<i>Aedes sp.</i>	<i>Culex sp.</i>	<i>Aedes sp.</i>	<i>Culex sp.</i>	<i>Aedes sp.</i>	<i>Culex sp.</i>
TEM Prom	30d	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S
	60-30d	0.32*	N/S	0.42*	0.33*	0.38*	N/S
TEM Max	30d	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S
	60-30d	N/S	N/S	0.43*	0.37*	0.33*	N/S
TEM MIN	30d	N/S	N/S	N/S	N/S	0.61**	N/S
	60-30d	0.37*	N/S	0.42*	N/S	N/S	N/S

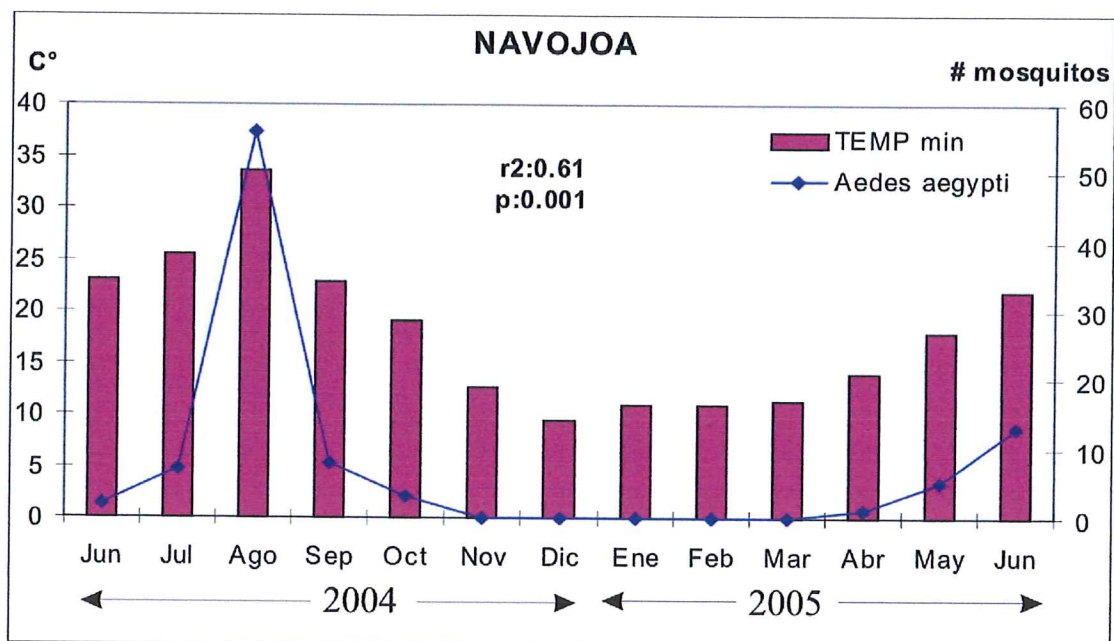


Figura 34. Regresión entre la población de *Aedes aegypti* de Navojoa con temperatura mínima acumulada de 30 días antes de la fecha de muestreo.

Tabla IV. Regresiones entre todas las variables climáticas con cada población de mosquitos a través del año de estudio. NR: no se realizó N/S : No significativo

		Hermosillo		Guaymas		Navojoa	
		<i>Aedes sp.</i>	<i>Culex sp.</i>	<i>Aedes sp.</i>	<i>Culex sp.</i>	<i>Aedes sp.</i>	<i>Culex sp.</i>
PRE	30días	0.61**	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S
	60-30d	0.35*	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S
HUM	30 d	N/S	N/S	N/S	N/S	NR	NR
	60-30d	N/S	N/S	N/S	N/S	NR	NR
TEM	30d	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S
	60-30d	0.32*	N/S	0.42*	0.33*	0.38*	N/S
TEM max	30d	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S
	60-30d	N/S	N/S	0.43*	0.37*	0.33*	N/S
TEM min	30d	N/S	N/S	N/S	N/S	0.61**	N/S
	60-30d	0.37*	N/S	0.42*	N/S	N/S	N/S

En resumen sólo 20% de todas las regresiones hechas fueron significativas. No hubo ninguna variable, a excepción de la humedad, que no estuviera correlacionada con al menos una población. Sin embargo, es posible que haya factores que están jugando un papel importante en las poblaciones de mosquitos, que no se están tomando en

consideración en este estudio. Otros estudios han demostrado que los factores socioeconómicos juegan un papel muy importante en las poblaciones de mosquitos (Reiter *et al.*, 2003), por lo que quizá haga falta incorporar estos factores para explicar la falta de correlación de ciertas variables en las poblaciones.

ANÁLISIS DE ASOCIACIÓN ENTRE LOS ÍNDICES DE VEGETACIÓN Y LA ABUNDANCIA DE MOSQUITOS

Debido a que tanto el índice NDVI como el EVI son medidas ecológicas, que reflejan el resultado de la asociación de las condiciones ambientales con el ambiente, se optó por usar ambos índices para el análisis estadístico de su asociación con la abundancia temporal de los mosquitos. Aunque ambos son un poco distintos (como ya se mencionó en la sección de métodos), la principal diferencia entre los dos es que el índice NDVI es un reflejo de la cantidad de clorofila y biomasa, mientras que el índice EVI es un reflejo de la estructura de la vegetación, por lo que el índice NDVI es más sensible a cambios en áreas con poca cobertura de vegetación, y el índice EVI es más sensible a cambios en áreas con mucha densidad de vegetación.

Las tablas V a X muestran las regresiones significativas de cada trampa para cada población con sus respectivos índices de vegetación a través de todo el año de muestreo, así como las regresiones del total de las trampas a través de todo el año.

Al igual que regresiones hechas con los factores climáticos, como ya se mencionó es debido al ciclo de vida del mosquito específicamente el tiempo de desarrollo, todas las regresiones que se hicieron, se realizaron de la siguiente manera.

Presente: Regresión usando los índices de vegetación de la misma fecha en que se realizó la captura de mosquitos.

16 días: Regresión usando los índices de vegetación de aproximadamente 16 días antes de la fecha en que se realizó la captura de mosquitos.

32 días: Regresión usando los índices de vegetación de aproximadamente un mes antes de la fecha en que se realizó la captura de mosquitos.

En general de todas las regresiones individuales, las significativas fueron muy pocas, por lo que no fue fácil observar patrones claros de esta forma. Quizá una de las razones fue el pequeño número de datos usados para estas regresiones (13 comparaciones para cada una). Sin embargo al juntar todas las trampas de una ciudad con sus respectivos índices de vegetación las correlaciones tienden a ser significativas en un total de 120 comparaciones, lo cual se puede observar en las tablas V a X de esta sección.

En Hermosillo las correlaciones de *Aedes aegypti* más significativas fueron las realizadas con los índices del presente y los de 16 días anteriores a la colecta. Mientras que para *Culex quinquefasciatus* las más significativas fueron las realizadas con los índices EVI de 16 días anteriores a la colecta.

Para Guaymas el patrón fue similar al de Hermosillo, en donde *Aedes aegypti* muestra las correlaciones más significativas usando los índices del presente y los de 16 días anteriores a la colecta. Mientras que *Culex quinquefasciatus* mostró correlaciones significativas con las 3 comparaciones (presente, 16 días y 32 días).

En Navojoa la población de *Aedes aegypti* mostró la mayor correlación con ambos índices del presente. Mientras que la población de *Culex quinquefasciatus* mostró una fuerte correlación con las tres comparaciones (índices del presente, 16 y 32 días anteriores a la colecta).

Para todas las poblaciones las regresiones rindieron patrones diferentes. Sin embargo un patrón que si se observó, fue el hecho de que el índice EVI mostró una mayor correlación que el índice NDVI. También el hecho de que la mayoría de las poblaciones mostraron una mayor correlación cuando se usaron los índices del presente.

Tabla V. Regresiones significativas (* $p \leq 0.05$, ** $p \leq 0.001$) entre los índices de vegetación MODIS, y el número de *Aedes aegypti* capturados en cada trampa en la ciudad de Hermosillo. N/S: no es significativo

Trampa	Presente		16 días		32 días	
	EVI	NDVI	EVI	NDVI	EVI	NDVI
1	N/S	N/S	0.34*	N/S	N/S	N/S
2	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S
3	N/S	N/S	0.35*	N/S	N/S	N/S
4	0.57*	N/S	0.46*	N/S	N/S	N/S
5	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S
6	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S
7	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S
8	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S
9	0.45*	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S
10	N/S	N/S	N/S	0.41*	N/S	N/S
TOTAL	0.15**	0.091**	0.14**	0.10**	N/S	N/S

Tabla VI. Regresiones significativas (* $p \leq 0.05$, ** $p \leq 0.001$) entre los índices de vegetación MODIS, y el número de *Culex quinquefasciatus* capturados en cada trampa en la ciudad de Hermosillo. N/S: no es significativo

Trampa	Presente		16 días		32 días	
	EVI	NDVI	EVI	NDVI	EVI	NDVI
1	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S
2	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S
3	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S
4	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S
5	N/S	0.38*	N/S	N/S	N/S	N/S
6	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S
7	N/S	N/S	N/S	N/S	0.45*	N/S
8	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S	0.36*
9	N/S	N/S	0.34*	N/S	N/S	N/S
10	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S
TOTAL	N/S	N/S	0.04*	N/S	0.04*	N/S

Tabla VII. Regresiones significativas (* $p < 0.05$, ** $p < 0.001$) entre los índices de vegetación MODIS, y el número de *Aedes aegypti* capturados en cada trampa en la ciudad de Guaymas. N/S: no es significativo

Trampa	Presente		16 días		32 días	
	EVI	NDVI	EVI	NDVI	EVI	NDVI
1	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S
2	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S
3	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S
4	0.61*	0.51*	0.805**	0.57*	0.35*	N/S
5	0.36*	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S
6	0.61*	0.53*	0.36*	N/S	N/S	N/S
7	0.39*	0.48*	0.38*	N/S	N/S	N/S
8	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S
9	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S
10	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S
TOTAL	0.18**	0.18**	0.14**	0.08**	N/S	N/S

Tabla VIII. Regresiones significativas (* $p \leq 0.05$, ** $p \leq 0.001$) entre los índices de vegetación MODIS, y el número de *Culex quinquefasciatus* capturados en cada trampa en la ciudad de Guaymas. N/S: no es significativo

Trampa	Presente		16 días		32 días	
	EVI	NDVI	EVI	NDVI	EVI	NDVI
1	N/S	N/S	N/S	N/S	0.39	N/S
2	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S
3	0.42*	0.43*	0.51*	0.39*	0.61*	0.48*
4	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S
5	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S
6	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S
7	N/S	0.35*	N/S	N/S	N/S	N/S
8	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S
9	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S
10	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S
TOTAL	0.15**	0.10**	0.16**	0.11**	0.13**	0.007*

Tabla IX. Regresiones significativas (* $p < 0.05$, ** $p < 0.001$) entre los índices de vegetación MODIS, y el número de *Aedes aegypti* capturados en cada trampa en la ciudad de Guaymas. N/S: no es significativo

Trampa	Presente		16 días		32 días	
	EVI	NDVI	EVI	NDVI	EVI	NDVI
1	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S
2	0.68*	0.46*	0.69**	0.43*	N/S	N/S
3	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S
4	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S
5	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S
6	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S
7	0.51*	N/S	0.34*	N/S	0.51*	N/S
8	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S
9	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S
10	N/S	N/S	0.6	N/S	N/S	N/S
TOTAL	0.03**	0.03**	N/S	N/S	N/S	0.03*

Tabla X. Regresiones significativas (* $p < 0.05$, ** $p < 0.001$) entre los índices de vegetación MODIS, y el número de *Culex quinquefasciatus* capturados en cada trampa en la ciudad de Navojoa. N/S: no es significativo

Trampa	Presente		16 días		32 días	
	EVI	NDVI	EVI	NDVI	EVI	NDVI
1	N/S	N/S	0.48*	N/S	0.54*	0.46*
2	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S
3	N/S	N/S	N/S	N/S	0.48*	0.41*
4	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S
5	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S
6	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S
7	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S
8	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S
9	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S
10	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S
TOTAL	0.17**	0.12**	0.17**	0.17**	0.16**	0.19**

DISCUSIÓN

En cuanto a la composición cualitativa, durante el año de estudio se colectaron un total de nueve especies de mosquitos en el estado de Sonora, aunque de éstas sólo una de las especies (*Culex quinquefasciatus*) representó más del 98% de mosquitos capturados. De ellas cuatro fueron especies vectores de enfermedades, *Aedes aegypti*, *C. quinquefasciatus*, *C. tarsalis* (vector de VON y encefalitis japonesa) y *Anopheles sp.* (vector de Malaria).

Con respecto a la variación en la abundancia de cada especie las poblaciones de *A. aegypti* fueron muy similares entre sí, tanto en el patrón demográfico anual como en el tamaño poblacional, en donde las tres poblaciones tuvieron una época del año en el que llegaron a sus mayores números de individuos, que para todas fue durante los meses de lluvia, durante agosto y septiembre. Mientras que el resto del año las tres poblaciones se mantuvieron en números muy bajos (figura 26). A diferencia de *A. aegypti*, las poblaciones de *C. quinquefasciatus* se comportaron de forma muy distinta, particularmente en el tamaño poblacional de las tres localidades. Al parecer hay un gradiente latitudinal, en donde las poblaciones más grandes se localizan al sur (Navojoa), y van disminuyendo en tamaño hacia el norte.

Es de suma importancia hacer notar el hecho de que como se muestreó en junio del 2004 y junio del 2005, se pudo observar el hecho de que las fluctuaciones poblacionales de estas especies son muy variables cada año, hecho que se puede apreciar

al comparar los números de individuos capturados en Hermosillo y Navojoa (figura 11 y 21).

La distribución espacial dentro de cada ciudad no es homogénea a través de las ciudades y debido a que en el área de estudio se aplican los insecticidas Abate y Aqua Reslin Súper de forma continua y de manera homogénea a través de las tres ciudades la distribución espacial observada dentro de cada ciudad fue independiente de la presencia o ausencia de insecticidas. Fue claro que hay ciertas secciones dentro de cada ciudad en donde los mosquitos de cierta especie fueron más abundantes, pero también hubo casos en donde la distribución espacial de cierta especie en una ciudad no fue predecible y es posible que la causa sea, en parte, los criaderos artificiales y no las secciones de la ciudad que tengan en común una característica biológica o socioeconómica.

Para las poblaciones de *Aedes aegypti* la distribución espacial no fue fácil de evaluar. En Hermosillo la distribución fue irregular, hubo sólo una trampa en la que se capturaron individuos la mayor parte del año. En Guaymas la distribución fue más regular, en donde al parecer la población se encuentra distribuída de forma homogénea a través de la ciudad. En Navojoa, la población no fue homogénea, hubo ciertas secciones de la ciudad en donde no se capturó a un solo mosquito *A. aegypti* durante el año de estudio y otras secciones que siempre tenían una gran abundancia de individuos. Debido a la historia natural de esta especie y a su casi total dependencia de criaderos artificiales para su persistencia, es probable que la distribución espacial observada en cada ciudad sea realmente un reflejo de las características socioeconómicas, tales como disponibilidad

de agua potable, calefacción, mosquiteros, etc. A diferencia de *A. aegypti* la distribución espacial de *Culex quinquefasciatus* fue más homogénea. Al parecer las poblaciones de este mosquito se encuentran distribuidas a través de toda la ciudad. Sin embargo, hubo excepciones como el caso de Navojoa, en donde se capturó el 70% de todos los individuos del muestreo de esta ciudad en las zonas de la ciudad que se encuentran en las periferias del Río Mayo.

Las diferencias observadas en cuanto a la distribución espacial de las dos especies quizás podría ser explicado mediante el hecho de que *C. quinquefasciatus* tiende a ovopositar en sitios más silvestres que *A. aegypti* (Mazine *et al.*, 1996, Marquardt, 2004). Que fue muy claro en el caso de Navojoa, en donde la población de *C. quinquefasciatus* (la mayor de las tres localidades) fuera tan grande, debido a la presencia de un cuerpo de agua permanente, como lo es el Río Mayo, que atraviesa la ciudad (figura 9), en comparación a las poblaciones de *A. aegypti* que dependen de criaderos artificiales. En cuanto a la diferencia entre las poblaciones de *C. quinquefasciatus* de Hermosillo y Guaymas, esto quizás podría ser explicado nuevamente tomando en consideración factores socioeconómicos, para determinar si las condiciones económicas de estas ciudades son las principales causas de la gran diferencia entre el tamaño poblacional de ambas localidades.

En cuanto al análisis de la asociación entre las variables climáticas y los índices de vegetación MODIS con las fluctuaciones en la abundancia de los mosquitos, la asociación más fuerte fue la de la población de *Aedes aegypti* de Hermosillo con la

precipitación acumulada de un mes antes a la fecha de colecta. Sin embargo, aparte de esta población este parámetro no mostró la correlación esperada con las fluctuaciones poblacionales. Pero las temperaturas, tanto de promedio, como las máximas y mínimas mostraron tener una mayor asociación con las poblaciones de ambas especies que los demás parámetros. Con respecto a los análisis hechos con los índices de vegetación MODIS, estos no mostraron la misma asociación que mostraron los factores climáticos, sin embargo si mostraron tener una suficiente asociación como para quizás considerarse para futuros estudios, con la diferencia de usar los índices con una mejor resolución de la usada en este estudio (cuadrantes de 250m² en vez de 1km²). También se observó que en general las poblaciones de *Aedes aegypti* mostraron una mayor correlación con los índices de vegetación tomadas durante los mismos días de la fecha de colecta (presente). Mientras que las poblaciones de *Culex quinquefasciatus*, mostraron correlación con todos los periodos usados (presente, 16 días y 32 días antes de la colecta), especialmente con el índice de vegetación de 16 días antes de la fecha de colecta.

De los dos índices de vegetación en general el de EVI fue el que mostró una mayor correlación con las fluctuaciones poblacionales observadas. Como ya se mencionó en materiales y métodos éste índice es un reflejo de la estructura de la vegetación, por lo que quizás esta característica biológica tenga mayor potencial como un indicador de posibles zonas dentro de cada ciudad en donde se debería de mantener una mayor vigilancia epidemiológica para controlar los brotes de estos mosquitos.

HERMOSILLO

En Hermosillo la distribución espacial de *Aedes aegypti* no presentó ningún patrón específico que sugiera que ciertas secciones de la ciudad tengan alguna característica socioeconómica o biológica que pudiera favorecer la mayor abundancia de mosquitos. Se sospecha que la razón principal de la heterogeneidad poblacional observada en Hermosillo sea debida a la localización de criaderos artificiales (creados no intencionalmente por el hombre) muy cercanos a las trampas en donde la cantidad de mosquitos atrapados fue más abundante. Esta conclusión es corroborada con el hecho de que en las trampas 4, 9 y 10 (trampas que capturaron gran parte del total de *A. aegypti*) se encontraron criaderos con larvas de la misma especie en el patio de la casa en ocasiones distintas a través del año de muestreo

En cuanto a *Culex quinquefasciatus* el caso fue muy similar que el de *A. aegypti*. Se piensa que las zonas de la ciudad de Hermosillo en donde se capturaron el mayor número de individuos, fue debido a la presencia de criaderos artificiales muy cercanos a las trampas, más que a características socioeconómicas o biológicas. Aunque cabe mencionar el hecho de que a través del año de estudio se observó que por lo general las colonias de recursos económicos más bajos tendían a poseer más problemas de escasez de agua, lo cual aumenta la cantidad de familias que poseen tambos llenos de agua en sus patios para su uso personal, lo que favorece la presencia de criaderos ideales para las especies de mosquito de este estudio.

GUAYMAS

En Guaymas la distribución espacial de *A. aegypti* fue la más homogénea de las tres ciudades. No se observó preferencia de alguna trampa o sección de la ciudad que se comportara muy distinta a las demás. Sin embargo para *C. quinquefasciatus* la distribución espacial fue muy localizada en algunas secciones de la ciudad, lo cual sugiere la predisposición de algunas colonias a poseer criaderos de larvas. Sería conveniente poder incorporar los factores socioeconómicos al estudio, para determinar exactamente que características tienen en común las secciones de Guaymas con mayor concentración de *C. quinquefasciatus*, no obstante para este trabajo no es factible.

NAVOJOA

En Navojoa las trampas que capturaron el mayor número de *C. quinquefasciatus*, fueron la 4, 5 y 6 (16,390 individuos en total), capturando el 69% de todos los individuos capturados en Navojoa. En la figura 9 se puede observar que estas trampas se encuentran en las periferias del río Mayo, que atraviesa la ciudad. Por esta razón se supone que la zona del río es una de las mayores fuentes de criaderos de las larvas de esta especie. Este dato deberá ser considerado por la Secretaria de Salud de Sonora en el enfoque y aplicación de los insecticidas para el control sanitario de esta ciudad. Sin embargo, es importante notar que en estas mismas trampas prácticamente no se capturó a ningún *A. aegypti* (sólo un individuo en todo el año de muestreo). Lo cual vuelve a reforzar los conocimientos previos acerca de las diferencias en cuanto al hábitat preferido por estas dos especies (Mazine *et al.*, 1996, Marquardt, 2004).

DENGUE Y VON

Es posible mencionar que durante el período de estudio el número de casos de dengue en el estado de Sonora fue pequeño en comparación con los períodos considerados epidémicos. Por esta razón, no es posible especular si el comportamiento de las poblaciones de mosquitos durante los períodos epidémicos fue similar al observado en este estudio. Por lo que sería de utilidad realizar un estudio a través de varios años consecutivos, para tratar de entender el papel de las fluctuaciones de las poblaciones de mosquitos y los factores climáticos en las epidemias de dengue en el estado de Sonora, México.

Aunque las poblaciones de *C. quinquefasciatus* parecen ser las más abundantes, las enfermedades causadas por mosquitos en Sonora son debidas a la población de *A. aegypti*, por lo que sería deseable continuar el estudio para observar su comportamiento durante períodos con brotes epidémicos de dengue. Por otro lado es importante mencionar que el primer caso positivo de VON (virus del oeste del Nilo) en humanos en México fue reportado recientemente en el municipio de Etchojoa, cercano a Ciudad Obregón en Sonora. Además se reportó el primer aislamiento del virus VON en mosquitos *C. quinquefasciatus* en el estado de Nuevo León, México. Esta es razón más para continuar el monitoreo de las poblaciones de *C. quinquefasciatus* en otras regiones de México (Elizondo *et al.*, 2005).

CONCLUSIONES

- En las localidades de estudio hay principalmente dos especies de mosquitos: *Culex quinquefasciatus* (vector del VON) y *Aedes aegypti* (vector del dengue).
- Se capturaron un total de nueve especies de mosquitos, cuatro de ellos vectores de enfermedades.

DISTRIBUCION TEMPORAL

- Las tres poblaciones de *Aedes aegypti* tuvieron un solo incremento poblacional durante el año, que fue durante la época de lluvias (agosto y septiembre).
- Las tres poblaciones de *Culex quinquefasciatus* tuvieron dos épocas de incremento poblacional durante el año, durante la época de lluvias y otra en marzo.

DISTRIBUCION ESPACIAL

- Ambas especies no están distribuidas homogéneamente dentro de las ciudades.
- Se observó un gradiente latitudinal de menor (norte) a mayor (sur) en los tamaños poblacionales de *Culex quinquefasciatus*.

- Debido a la distribución espacial observada en ambas especies se sospecha que los factores socioeconómicos están jugando un papel importante en la variabilidad observada.

RELACIÓN CON VARIABLES CLIMÁTICAS E ÍNDICES DE VEGETACIÓN

MODIS

- Las poblaciones de *Aedes aegypti* fueron aquellas que mostraron una mayor correlación con las variables climáticas.

- La temperatura fue el parámetro que mostró una mayor correlación con las fluctuaciones poblacionales de ambas especies.

- Aunque los índices de vegetación MODIS no mostraron la misma asociación que mostraron los factores climáticos, el índice EVI mostró una mayor asociación que el NDVI.

PERSPECTIVAS

Afortunadamente durante el año de muestreo no hubo una gran incidencia de casos de dengue, sin embargo, debido a la misma razón no se pudo analizar si había cierta asociación en cuanto a las zonas donde hay una mayor incidencia de dengue con las zonas donde se halló una mayor abundancia de mosquitos. Por lo que sería de suma importancia continuar el monitoreo durante un plazo de cinco a diez años, para obtener los datos necesarios para estudiar esta asociación. Así como también la recolección de toda la información histórica de la Secretaría de Salud de Sonora acerca de las localidades exactas dentro de cada ciudad muestreada en donde en el pasado se han ubicado casos positivos de dengue para estudiar la misma asociación.

Falta analizar a todos los mosquitos capturados durante el estudio para determinar si están infectados ya sea de dengue o del VON. Esto ayudará a determinar si probablemente el motivo de la ausencia de casos de dengue durante nuestro año de muestreo está asociado con la ausencia de mosquitos infectados del virus. Esto se pretende realizar en el verano del 2006.

No queda descartada la posibilidad de la utilidad de los índices MODIS como indicadores epidemiológicos en futuros estudios. Aunque se recomendaría usar estos mismos con una mayor resolución que la utilizada en este estudio.

Otro aspecto que se tiene planeado realizar es obtener ciertos factores socioeconómicos de las zonas de cada ciudad en donde se pusieron las trampas, para

estudiar si estos factores quizás puedan ayudar a explicar la distribución espacial observada.

Todos estos siguientes pasos a realizar nos ayudarían a tener una mejor idea de los principales factores involucrados en las fluctuaciones observadas en los brotes de dengue y VON a través de los años, así como entre las diferentes jurisdicciones sanitarias en el Estado de Sonora.

ANEXOS

Tabla XI. Casos de dengue por jurisdicción sanitaria en el Estado de Sonora. Por lo menos en 20 años, antes de 1983, no se había registrado transmisión de dengue en Sonora. En 1983, fue el primer año en que se registró, todos los casos se presentaron en Guaymas. El dengue clásico y hemorrágico están agrupados (Fuente: Secretaria de Salud Pública del Estado de Sonora).

CASOS DE DENGUE POR JURISDICCIÓN SANITARIA 1983-2004

AÑO	JURISDICCIÓN SANITARIA					TOTAL
	I	II	III	IV	V	
1983	0	0	0	1641	0	1641
1984	1142	0	0	2324	1418	4884
1985	7	0	0	3	21	31
1986	445	0	0	432	398	1275
1987	4	0	0	0	0	4
1988	48	0	35	0	0	83
1989	0	0	0	0	0	0
1990	7	0	0	0	0	7
1991	70	0	0	0	39	109
1992	959	3	20	1744	869	3595
1993	7	0	0	12	0	19
1994	54	0	0	0	0	54
1995	28	0	1	4	27	60
1996	3311	0	2	118	109	3540
1997	1	0	0	2	126	129
1998	3	0	0	128	10	141
1999	80	0	0	684	120	884
2000	18	0	0	297	16	331
2001	0	0	0	0	0	0
2002	929	0	1	495	10	1435
2003	560	10	35	1475	3401	5481
2004	4	0	0	12	13	29

Jurisdicción I: Aconchi, Carbo, Hermosillo, Mazatán, Moctezuma, Nácori chico, Sahuaripa, Suaqui Grande, Ures y Villa Pesqueira.

Jurisdicción II: Caborca, Pitiquito y Puerto Peñasco

Jurisdicción III: Benjamín Hill, Magdalena, Nogales, Santa Ana

Jurisdicción IV: Bácum, Cajeme, Empalme, Guaymas, Quiriego, Rosario y San Ignacio Río Muerto

Jurisdicción V: Alamos, Navojoa, Huatabampo, Etchojoa, y Benito Juárez

Tabla XII. Mosquitos capturados durante el año de estudio pertenecientes a otras especies que *Aedes aegypti* y *Culex quinquefasciatus*.

Localidad	Fecha	Trampa	#	Especies
HER	08/04	09	1	<i>Aedes taeniorynchus</i>
	09/04	03	22	<i>Culex pipiens</i>
	03/05	01	2	<i>Aedes taeniorynchus</i>
	03/05	07	1	<i>Anopheles sp.</i>
	05/05	02	1	<i>Culex tarsalis</i>
	05/05	03	1	<i>Culex tarsalis</i>
	05/05	04	2	<i>Culex tarsalis</i>
	05/05	05	1	<i>Culex tarsalis</i>
GUAY	08/04	03	4	<i>Zorophora signipennis</i>
	08/04	05	1	<i>Aedes taeniorynchus</i>
	09/04	01	1	<i>Culex nigripalpus</i>
	09/04	09	1	<i>Aedes taeniorynchus</i>
	10/04	05	1	<i>Culex tarsalis</i>
	02/05	05	6	<i>Culex tarsalis</i>
	02/05	07	2	<i>Culex tarsalis</i>
	03/05	05	2	<i>Culex tarsalis</i>
	03/05	06	14	<i>Culex tarsalis</i>
	04/05	09	2	<i>Psorophora sp.</i>
	05/05	05	6	<i>Culex tarsalis</i>
	06/05	03	2	<i>Culex tarsalis</i>
	06/05	04	1	<i>Culex tarsalis</i>
	06/05	06	2	<i>Culex tarsalis</i>
	06/05	08	1	<i>Culex tarsalis</i>
NAV	09/04	03	1	<i>Aedes taeniorynchus</i>
	09/04	07	2	<i>Aedes taeniorynchus</i>
	09/04	10	1	<i>Psorophora sp.</i>
	01/05	08	1	<i>Culex punctipennis</i>
	05/05	01	1	<i>Culex tarsalis</i>
	05/05	10	1	<i>Culex tarsalis</i>

Tabla XIII. Número de *Culex quinquefasciatus* capturados en cada localidad en cada mes.
 * No se realizó muestreo

	HERMOSILLO	GUAYMAS	NAVOJOA
JUNIO	44	*	454
JULIO	71	415	774
AGOSTO	82	281	1238
SEPTIEMBRE	67	905	751
OCTUBRE	43	816	4201
NOVIEMBRE	42	656	1564
DICIEMBRE	38	232	2063
ENERO	17	170	1002
FEBRERO	31	186	2564
MARZO	72	328	4528
ABRIL	57	324	1452
MAYO	39	260	1918
JUNIO	9	245	1689

Tabla XIV. Número de *Aedes aegypti* capturados en cada localidad en cada mes.

* No se realizó muestreo

	HERMOSILLO	GUAYMAS	NAVOJOA
JUNIO	1	*	2
JULIO	6	4	7
AGOSTO	25	26	56
SEPTIEMBRE	63	59	8
OCTUBRE	3	28	3
NOVIEMBRE	1	13	0
DICIEMBRE	2	2	0
ENERO	0	7	0
FEBRERO	1	1	0
MARZO	1	2	0
ABRIL	2	5	1
MAYO	1	4	5
JUNIO	5	16	13

Tabla XV. Número de mosquitos capturados en Hermosillo, durante el año de muestreo.

HERMOSILLO

	<i>Aedes aegypti</i>	<i>C. quinquefasciatus</i>	Otros
JUNIO 2004	1	44	0
JULIO	6	71	1
AGOSTO	25	82	1
SEPTIEMBRE	63	67	0
OCTUBRE	3	43	0
NOVIEMBRE	1	42	0
DICIEMBRE	2	38	0
ENERO	0	17	0
FEBRERO	1	31	0
MARZO	1	72	3
ABRIL	2	57	0
MAYO	1	39	0
JUNIO 2005	5	9	0

Tabla XVI. Número de *Aedes aegypti* capturados en cada trampa en Hermosillo.

HERMOSILLO

# Trampa	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
JUNIO 2004	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
JULIO	0	0	0	1	0	3	0	0	0	2
AGOSTO	5	3	5	1	0	0	0	0	6	5
SEPTIEMBRE	5	0	11	34	5	2	0	0	4	2
OCTUBRE	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0
NOVIEMBRE	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
DICIEMBRE	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
ENERO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FEBRERO	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
MARZO	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
ABRIL	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
MAYO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
JUNIO 2005	1	0	1	2	0	0	0	1	0	0

Tabla XVII. Número de *Culex quinquefasciatus* capturados en cada trampa en Hermosillo.

HERMOSILLO

# Trampa	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
JUNIO 2004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44
JULIO	1	0	25	1	0	0	0	0	1	43
AGOSTO	0	0	19	4	0	0	0	0	4	55
SEPTIEMBRE	2	2	22	5	1	0	0	1	2	32
OCTUBRE	3	0	7	2	0	0	3	3	10	15
NOVIEMBRE	5	0	0	10	0	0	0	1	8	18
DICIEMBRE	11	6	5	1	4	1	0	0	0	10
ENERO	7	5	0	4	0	0	0	0	0	1
FEBRERO	3	2	8	2	2	0	1	2	3	8
MARZO	4	4	1	7	0	1	0	1	1	53
ABRIL	1	1	3	20	0	0	0	0	2	30
MAYO	3	6	1	14	1	0	1	1	4	8
JUNIO 2005	0	1	2	2	0	2	0	0	2	0

Tabla XVIII. . Número de mosquitos capturados en Guaymas, durante el año de muestreo

GUAYMAS

	Otros	<i>Culex quinquefasciatus</i>	<i>Aedes aegypti</i>
JULIO	2	415	4
AGOSTO	8	281	26
SEPTIEMBRE	0	905	59
OCTUBRE	0	816	28
NOVIEMBRE	0	656	13
DICIEMBRE	0	232	2
ENERO	0	170	7
FEBRERO	0	186	1
MARZO	0	328	2
ABRIL	2	324	5
MAYO	0	260	4
JUNIO 2005	1	245	16

Tabla XIX. Número de *Aedes aegypti* capturados en cada trampa en Guaymas

GUAYMAS

# Trampa	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
JULIO 2004	2	0	0	0	1	0	0	1	0	0
AGOSTO	0	0	1	2	11	0	2	5	2	3
SEPTIEMBRE	1	0	3	7	22	6	10	1	2	7
OCTUBRE	0	0	1	7	3	1	3	9	2	2
NOVIEMBRE	1	1	0	3	0	4	1	2	1	0
DICIEMBRE	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
ENERO	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0
FEBRERO	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
MARZO	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
ABRIL	0	1	0	0	0	1	2	0	0	1
MAYO	0	1	0	0	0	1	0	2	0	0
JUNIO 2005	0	1	2	0	0	0	0	6	3	4
TOTAL	4	4	7	19	47	13	18	26	11	18

Tabla XX. Número de *Culex quinquefasciatus* capturados en cada trampa en Guaymas

GUAYMAS

# Trampa	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
JULIO 2004	3	11	14	295	3	2	48	35	4	0
AGOSTO	5	37	1	82	5	4	89	48	2	8
SEPTIEMBRE	13	7	120	288	6	4	256	209	2	0
OCTUBRE	66	5	266	287	9	14	60	106	0	3
NOVIEMBRE	2	20	236	62	0	27	47	252	6	4
DICIEMBRE	3	4	60	4	7	11	44	95	3	1
ENERO	1	9	33	16	2	8	35	63	1	2
FEBRERO	0	1	6	34	6	2	21	121	2	1
MARZO	0	0	13	40	8	23	87	149	2	6
ABRIL	1	14	16	37	11	15	69	160	1	0
MAYO	2	63	10	51	13	9	52	60	0	0
JUNIO 2005	2	23	2	73	1	3	32	99	4	6
TOTAL	98	194	777	1269	71	122	840	1397	27	31

Tabla XXI. Número de mosquitos capturados en Navojoa, durante el año de muestreo.

NAVOJOA	Otros	<i>C. quinquefasciatus</i>	<i>Aedes aegypti</i>
JUNIO 2004	0	454	2
JULIO	0	774	7
AGOSTO	0	1238	56
SEPTIEMBRE	1	751	8
OCTUBRE	0	4201	3
NOVIEMBRE	0	1564	0
DICIEMBRE	0	2063	0
ENERO	0	1002	0
FEBRERO	0	2564	0
MARZO	0	4528	0
ABRIL	1	1452	1
MAYO	0	1918	5
JUNIO 2005	1	1689	13

Tabla XXII. Número de de *Aedes aegypti* capturados en cada trampa en Navojoa.

NAJOVOA										
# Trampa	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
JULIO 2004	0	0	0	0	0	1	2	2	2	0
AGOSTO	15	1	3	0	0	0	5	10	8	14
SEPTIEMBRE	2	1	0	0	0	0	2	0	2	1
OCTUBRE	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2
NOVIEMBRE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DICIEMBRE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ENERO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FEBRERO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MARZO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ABRIL	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MAYO	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0
JUNIO 2005	0	0	1	0	0	0	0	4	8	0
TOTAL	18	2	5	0	0	1	9	16	25	17

Tabla XXIII. Número de *Culex quinquefasciatus* capturados en cada trampa en Navojoa.

# Trampa	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
JULIO 2004	40	0	61	344	96	167	9	5	10	42
AGOSTO	55	30	83	194	350	367	17	40	25	77
SEPTIEMBRE	17	10	255	160	90	120	19	30	33	17
OCTUBRE	191	155	682	756	915	850	145	255	150	102
NOVIEMBRE	23	105	94	528	211	481	36	25	29	32
DICIEMBRE	9	10	40	140	745	812	46	53	117	91
ENERO	9	28	34	84	115	554	17	19	113	29
FEBRERO	1	73	1	3	459	1708	2	173	109	35
MARZO	214	133	435	1554	949	589	178	276	77	123
ABRIL	141	219	125	248	170	159	40	35	261	54
MAYO	94	88	240	403	311	449	122	95	55	61
JUNIO 2005	26	92	158	490	490	329	20	22	60	2
TOTAL	820	943	2208	4904	4901	6585	651	1028	1039	665

Tabla XXIV. Direcciones y coordenadas geográficas de las 30 trampas colocadas en las tres ciudades.

Ciudad	Trampa	Dirección	Coordenadas geográficas
Hermosillo	1	Onceava #18, entre Tuna Colorada y callejón Juárez. Col. Palo verde	29° 02.374' 110° 58.488'
Hermosillo	2	Ramón Noneja #92, Emeterio Ochoa y Santo niño (calla primera) Col. Palo verde	29° 02.943' 110° 58.209'
Hermosillo	3	Calle Ejido #33, entre Roca y Turquesa Col. Pedregal de la Villa	29° 02.802' 110°57.241'
Hermosillo	4	Rayón #23 entre Zacatecas y San Luis Col. 5 de Mayo	29° 05.532' 110° 56.864'
Hermosillo	5	Roberto Romero #4, entre Gral. Piña y Gpe. Victoria Col. Valderrama	29° 06.611' 110° 57.987'
Hermosillo	6	Constituyentes 273 esquina Gpe. Victoria Col. Ley 57	29° 07.359' 110° 58.210'
Hermosillo	7	Cobachi #438 entre Arizona y Simon Bley Col. Jacinto López	29° 08.322' 110° 58.941'
Hermosillo	8	Mariano Jiménez 524 entre López del Castillo y Catulegly Col. Jardines	29° 07.476' 110°59.083'
Hermosillo	9	Blvd. Lázaro Cárdenas 747 Col. Mártires de Cananea	29° 07.543' 110°59.629'
Hermosillo	10	Cuathémoc García #91 Col. Unión de ladrilleros	29° 07.658' 111° 00.504'
Guaymas	1	Lote 3 Manzana 15 Col. Fátima.	27° 56.288' 110° 52.862'
Guaymas	2	Lote #12 Manzana 23 Col. Fátima	27° 56.137' 110°52.819'
Guaymas	3	#314 Atrás Rodriguez	27° 56.376' 110° 55.749'
Guaymas	4	Avenida 16 de Septiembre. Lote 15 Manzana 75.	27° 56.563' 110° 55.713'

Guaymas	5	Avenida 16 de Septiembre. Lote 15 Manzana 75.	27° 52.450' 110° 54.674'
Guaymas	6	Manzana 64 lote 15 Col. Independencia.	27° 52.666' 110° 54.570'
Guaymas	7	Manzana 34 lote 16 Col. Mirador.	27° 53.220' 110° 53.426'
Guaymas	8	Manzana 5 Lote 16 Col. El Mirador.	27° 53.454' 110° 53.322'
Guaymas	9	Avenida Cera #553 entre 10 y 11 Col. Yucatán.	27° 54.815' 110° 54.052'
Guaymas	10	Calle 12 Avenida 2 #454. Col. Yucatán.	27° 54.947' 110° 53.961'
Navojoa	1	Gladola #13 Brisas del Valle	27° 02.744' 109° 27.835'
Navojoa	2	Sor Juana Inés de la Cruz #606, entre 7a y 6a Tierra Blanca	27° 03.989' 109° 27.998'
Navojoa	3	Club de Leones #504 Col. Tierra Blanca	27° 04.235' 109° 27.763'
Navojoa	4	Roma Yocupucio Int 6 Col. Tetanchopo	27° 04.767' 109° 28.194'
Navojoa	5	Calle Allenca sin número. Col. Pueblo Viejo.	27° 05.943' 109° 26.418'
Navojoa	6	Mina 509 Col. Pueblo Viejo	27° 05.935' 109° 26.291'
Navojoa	7	Av. Sobro y Reforma #140	27° 05.232' 109° 25.962'
Navojoa	8	Central #55 Col. Rosales entre Madero y Reforma	27° 05.117' 109° 25.969'
Navojoa	9	Cocarit Sorovia #23 Col. Sonora	27° 04.008' 109° 26.209'
Navojoa	10	Agustín Melgar #816 y Camacho Col. Sonora	27° 03.625' 109° 26.236'

BIBLIOGRAFÍA

Arata A.A. 1994. Difficulties facing vector control in the 1990s. *The American Society of Tropical Medicine and Hygiene*. 50: 6-10.

Blitvich BJ, Fernandez-Salas I, Contreras-Cordero JF, Marlenee NL, Gonzalez-Rojas JI, Komar N, Gubler D.J., Calisher C.H., y Beatty B. 2003. Serologic evidence of West Nile virus infection in horses, Coahuila State, Mexico. *Emerging Infectious Diseases*. 9: 853–856.

Clements A.N., 1999. *The Biology of Mosquitoes. Volume II*. CABI Publishing, pp 621.

www.cober.com

www.cosaes.com/imagenes/mapa-sonora.JPG

Darsie R.F. y Ward R. A., 2005. Identification and Geographical Distribution of the Mosquitoes of North America, North of Mexico. Gainesville pp 383

Elizondo D., Davis T., Fernández S. I., Escobar L. R., Velasco O.D., Cecilia S.G.L., Aviles A.M., Elizondo-Quiroga A., González R.J., Contreras C.J.F., Guzmán H., Travassos da Rosa A., Blitvich B.J., Barrett A.D.T., Beaty B.J., y Tesh R.B. 2005. West Nile Virus Isolation in Human and Mosquitoes, Mexico. *Emerging Infectious Diseases*. 11:1449-1452.

Estrada F. JG. Navarro L.R, Beasley D.W.C., Coffey L, Carrara A-S, Travassos da Rosa A, Clements T., Wang E., Ludwig G.V., Campomanes A.C., Paz R.P., Tesh R.B., Barrett A.D.T., y Weaver S.C. 2003. West Nile virus in Mexico: serologic evidence of widespread circulation since July 2002. *Emerging Infectious Diseases*. 9:1604–7.

Flisser A., Velasco A. Martínez C., González F., Briceño B., García R., Caballero A., Hernández I., García H., Gutiérrez L., Rodríguez G., López I., Galindo S., Vázquez R., Balandrazo S., Guzmán C., Olivo V., De la Rosa J., Magos C., Escobar A., y Correa D. 2002. Infectious Diseases in Mexico. A survey from 1995-2000. *Archives of Medical Research*. 33: 343-350.

Gubler D. 1992. Dengue and dengue hemorrhagic fever. *Pediatric Infectious Disease Journal*. 11: 311-317.

Gubler D., 1998. Resurgent Vector-Borne Diseases as a Global Health Problem. *Emerging Infectious Diseases*. 4: 442-450.

Gubler D. 2005. The emergence of epidemic dengue fever and dengue hemorrhagic fever in the Americas: a case of failed public health policy. *Pan American Journal of Public Health* 17: 221-224.

Guzman M.G. y Kouri G., 2003. Dengue and dengue hemorrhagic fever in the Americas: lessons and challenges. *Journal of Clinical Virology*. 27: 1 -13

Hay S.I., Snow R.W. y Rogers D.J. 1998. From Predicting Mosquito Habitat to Malaria Seasons Using Remotely Sensed Data: Practice, Problems and Perspectives. *Parasitology Today*. 14: 306-313

Hopp M.J. y Foley J., 2003. Worldwide fluctuations in dengue fever cases related to climate variability. *Climate Research*. 25: 85-94

Killeen G.F., Fillinger U., Kiche I., Gouagna L.C., and Knols B.G.J., 2002. Eradication of *Anopheles gambiae* from Brazil: lessons for malaria control in Africa? *THE LANCET Infectious Diseases*. 2: 618-627.

www.lahey.org

Lorono P.M.A., Blitvich B.J., Parlan A.J.A., Puerto F.I., Blanco J.M., Marlenee N.L., Rosado P.E.P., Garcia R.J.E., Gubler D.J., Calisher C.H., Beaty B. 2003. Serologic evidence for West Nile virus infection in horses, Yucatan State, Mexico. *Emerging Infectious Diseases*. 9: 857-859.

Lounibos L.P., 2002. Invasions by insect vectors of human disease. *Annual Review of Entomology*. 47: 233-266.

Mabbett T., 2004. Mosquitoes as vectors of human disease. *International Pest Control*. 46: 82-83.

Marquardt W.C., 2004. *The Biology of Disease Vectors*. Elsevier Academic Press. pp 785.

Mattingly P.F., 1969. *The biology of mosquito-borne disease*. American Elsevier Publishing Company, pp 85.

Mattingly P.F., 1969. *The Biology of Mosquito-Borne Disease*. George Allen and Unwin Ltd. Wallingford pp740.

Mazine C.A.B., Macoris M.L.G., Andrighetti M.T.M., Yasumaro S., Silva M.E., Nelson M.J. y Winch P.J. 1996. Disposable containers as larval habitats for *Aedes aegypti* in a

city with regular refuse collection: a study in Marilia, Silo Paulo State, Brazil. *Acta Tropica*. 62: 621-13

Musawenkosi L.H.M., Sharp B. y Lengeler C., 2004. Historical review of malarial control in southern African with emphasis on the use of indoor residual house-spraying. *Tropical Medicine and International Health*. 9: 846–856.

Najera J.A. 2001. Malaria control: achievements, problems and strategies. *Parasitología*. 43: 1-89

Nathan M.B. 1993. Critical review of *Aedes aegypti* control programs in the Caribbean and selected neighboring countries. *Journal of the American Mosquito Control Association*. 9: 1-7.

Organización Mundial de la Salud. 1997. Control de vectores. http://whqlibdoc.who.int/publications/1997/9241544945_intro.pdf

Organización Mundial de la Salud. 1999. Plan detallado de acción para la próxima generación. <http://www.paho.org/Spanish/AD/DPC/CD/vbd-172-7-plan.pdf>

Organización Mundial de la Salud. 2004. <http://www.who.int/features/qa/18/es/>

Organización Mundial de la Salud. 2005. http://www.paho.org/english/dd/ais/be_v23n4-West_Nile.htm#2

Reiter P., Lathrop S., Bunning M., Biggerstaff B., Singer D., Tiwari T., Baber L., Amador M., Thirion J., Hayes J., Seca C., Mendez J., Ramirez B., Robinson J., Rawlings J., Vorndam V., Waterman S., Gubler D., Clark G. y Hayes E., 2003. Texas lifestyle limits transmission of Dengue Virus. *Emerging Infectious Diseases*. 9: 86-89.

Rigau-Pérez J.G., Clark G.G., Gubler D.G., Reiter P., Sanders E.J., Vorndam A.V., 1998. Dengue and dengue haemorrhagic fever. *The Lancet*. 352: 971-977.

Secretaria de Salud del Estado de Sonora. 2005. <http://www.salud.gob.mx/>

Smith D.L., Dushoff J., McKenzie F.E.. 2004. The Risk of a Mosquito-Borne Infection in a Heterogeneous Environment. *PLoS Biol* 2: e368

Spielman A. y D'Antonio M. 2001. Mosquito, A natural history of our most persistent and deadly foe. Hyperion press, pp 247.

Stephenson J.R. 2005. Understanding dengue pathogenesis: implications for vaccine design. Bulletin of the World Health Organization. 83:308-314.

Takken W. 1997. Interactions between physical and olfactory cues in the host seeking behaviour of mosquitoes: the role of relative humidity. Annals of Tropical Medicine And Parasitology. 91:119-120

Vainio J. y Cutts F. 1998. Yellow fever. Division of emerging and other communicable diseases surveillance and control. World Health Organization. Geneva pp 87.

Weaver M.T., 2000. How attractive are you? to mosquitoes, that is. Agricultural Research. 48: 12-14.

Wilson M. y Chen L.H., 2002. Dengue in the Americas. Dengue Bulletin. 26: 44-61