

INSTITUTO NACIONAL DE SALUD PÚBLICA

CENTRO REGIONAL DE INVESTIGACIÓN EN SALUD PÚBLICA

Abundancia relativa de *Aedes aegypti* asociada con el riesgo epidemiológico de transmisión del virus dengue en Tapachula, Chiapas.



TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS DE LA SALUD

PRESENTA:

Fabiola de los Ángeles Castillo García

DIRECTOR DE TESIS:

Dr. Rogelio Danis Lozano

ASESORES:

Dr. Armando Ulloa García.

Dr. Carlos Felix Marina Fernandez

TAPACHULA, CHIAPAS; 30 AGOSTOS DE 2013.

DEDICATORIA

Al ejemplo de mis padres María del Carmen García García y Francisco Javier Castillo Monzón, así como el amor de mis hermanos Oscar Castillo García, María del Carmen Castillo García, María Patricia Castillo García, Clara Cruz Castillo García, Alfredo Castillo García y Juan José Castillo García.

AGRADECIMIENTO

En especial Al Dr. Rogelio Danis Lozano por su incondicional apoyo y enseñanza en mi desarrollo académico y personal.

Al Dr. Armando Ulloa García, M en C. Mauricio Casas y Dr. Carlos Marina Fernández por formar parte de mi comité y compartir conocimientos para realización de mi tesis.

Al Dr. Jorge Aurelio Torres Monzón, por los buenos consejos

Al M en C. David Alejandro Moo Ñanez

A mis compañeros Daenna Kaori Romero Moreno y Abel Zacarías Gómez, por compartir conmigo su amistad

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca otorgada para la realización de mi posgrado.

CONTENIDO

Resumen	5
1.- Introducción	6
2.- Material y Métodos	8
2.1.- Sitio de estudio	8
2.2.- Diseño de estudio y recopilación de datos	8
2.3.- Recolección de datos epidemiológicos	9
2.4.- Recolección de datos meteorológicos	9
2.5.- Elaboración de mapas temáticos de densidad de Kernel	9
2.6.- Análisis estadísticos	10
3.- Resultados	10
3.1.- Fluctuación estacional de los huevos ovipositados por <i>Aedes aegypti</i>	10
3.2.- Índice de ovitrampas positivas (IOP)	11
3.3.- Correlación de abundancia de <i>Aedes aegypti</i> con temperatura y precipitación	11
3.4.- Relación entre la abundancia relativa y casos dengue	11
3.5.- Distribucion espacio-temporal de <i>Aedes aegypti</i>	12
3.6.- Distribucion espacio-temporal de casos DF/DFH	13
3.7.- Distribucion espacio termportal de la abundancia de <i>Aedes aegypti</i> y del riesgo epidemiologico en temporada de lluvias y secas	13
4.- Discusion	15
5.- Referencias	18
6.- Tablas	20
7.- Figuras	22

Resumen

La vigilancia entomológica de *Aedes aegypti* mediante el uso de ovitrampas permite identificar áreas potenciales para la infestación del vector y su posible asociación con casos de fiebre por dengue. El objetivo de este estudio fue relacionar de manera prospectiva la abundancia relativa de huevos de *Aedes aegypti* con la presencia de casos incidentes de fiebre por dengue, en épocas de baja y de alta transmisión, y analizar su relación con variables ambientales. Se colocaron 807 ovitrampas en cuatro sectores (1, 2, 3, 4) del área metropolitana de Tapachula, Chiapas. Durante el periodo de estudio se reportaron 304 casos de FD/FHD confirmados por laboratorio mediante la prueba de diagnóstico NS1, el sector 2 fue el sector con mayor número de casos con 124 (40.78%). Se recolectaron 949.662 huevos de *Aedes*, los meses de abril, mayo y junio se obtuvieron los mayores porcentajes de ovitrampas positivas por sector los cuales estuvieron relacionados con los mayores registros de precipitación con 17.49mm y 15.85mm y temperatura 19.48°C a 37.41°C. A través de un análisis de Densidad de Kernel, se generaron mapas temáticos mensuales los cuales permitieron identificar patrones de distribución espacial y temporal, entre los casos de fiebre por dengue y la abundancia relativa de huevos de *Aedes aegypti*. de manera general se observó la variación de la distribución espacio temporal de la actividad de oviposición de *Aedes aegypti*. El análisis de regresión binomial negativa ajustado por temperatura, precipitación e índice de Densidad de Kernel, indican que , el riesgo se incrementa 1.39 (95% IC= 1.07-1.80). Con el número de casos de fiebre por dengue los resultados demuestran que el análisis de Densidad de Kernel es una herramienta útil para monitorear la actividad de oviposición del mosquito *Aedes aegypti*, y proponer alternativas de control contra el vector.

1.- Introducción.

El dengue es la enfermedad viral transmitida por artrópodos comunes a los seres humanos. En los últimos años, el dengue se ha convertido en un importante problema de salud pública a nivel internacional (Switzerland, 2009). La incidencia mundial del dengue ha crecido dramáticamente en los últimos 50 años. La enfermedad se transmite a los seres humanos principalmente por los mosquitos del género *Aedes*. Los síntomas clínicos van desde una fiebre clásica hasta una fiebre hemorrágica, que puede progresar a una forma grave conocida como el síndrome de choque por dengue. Existen cuatro serotipos del virus del dengue, la infección con un serotipo confiere inmunidad protectora contra este serotipo pero no contra otros. Una segunda infección por otro serotipo provoca un mayor riesgo de fiebre hemorrágica del dengue, que es una forma más severa de la enfermedad hasta ahora, se ha descrito la enfermedad en más de 100 países que se encuentran en África, las Américas, el Mediterráneo Oriental, Asia Sudoriental y el Pacífico Occidental, que amenazan la vida de más de 2,5 millones de personas en las zonas urbanas, periurbanas y rurales de la trópicos y subtropicos (Debouch *et al.*, 2003). La incidencia de la fiebre del dengue es alta en los países de clima tropical y cálido, las causas del aumento de la transmisión del dengue pueden incluir la rápida expansión de la urbanización, los suministros de agua inadecuada, aumento de la circulación de los mosquitos y la propagación de la resistencia a insecticidas en poblaciones de mosquitos vectores (Kittayapong, 2008). Uno de los principales problemas que enfrenta la epidemiología del dengue es el conocimiento insuficiente de los factores de riesgo y su relación entre ellos. Esto radica principalmente en el hecho de que el dengue es una enfermedad transmitida por vector, y muchos factores de los brotes están relacionados con el comportamiento del vector y su relación con el medio ambiente, como la temperatura, la precipitación, la disponibilidad de recipientes para su cría, la presencia y la densidad del vector *Aedes aegypti*, principalmente en el entorno urbano y peri-urbano (Chang *et al.*, 2012). En México el dengue es endémico, la enfermedad se encuentra principalmente en las zonas urbanas y suburbanas. En el 2011 se registraron 52 128 casos, de los cuales 33 408 fueron de dengue clásico y 18 720 de dengue hemorrágico, por la importancia epidemiológica del virus se han realizado estudios enfocados en la vigilancia del vector (SSA, 2012).

En la vigilancia de los vectores del dengue es importante determinar cuándo y dónde aplicar las acciones de control. Un sistema de vigilancia entomológica capaz de generar información cuantitativa sobre las densidades de población de mosquitos y ayudar a predecir el crecimiento explosivo de la población es fundamental para poner en marcha acciones para prevenir las epidemias que se produzca. La importancia de la vigilancia entomológica como una base para el control de la transmisión del dengue se ha puesto de relieve recientemente (Ooi *et al.*, 2006). La vigilancia de *Aedes* utilizando ovitrampas es una de las herramientas sensibles y más importantes de control del dengue, las trampas de oviposición constituyen una herramienta simple y conveniente para la vigilancia de *Aedes*, estudios previos indicaron que la vigilancia con ovitrampas podría ser utilizado para la predicción de brote de dengue, especialmente en zonas de baja infestación y ha sido recomendado como una herramienta de vigilancia en el control (Lee, 1992; Focks, 2003). En Buenos Aires, Argentina, se han realizado estudios sobre la distribución espacial y temporal de la actividad de oviposición de *Aedes aegypti* y su relación con la población humana en situación de riesgo de transmisión del virus del dengue, encontrando que las altas densidades de huevos, estaban relacionados con la aparición de nuevos casos de la enfermedad (Carbajo *et al.*, 2004). Otro estudio relaciona la fluctuación estacional de *Aedes aegypti* en la provincia de Chaco, Argentina, y la correlación de su abundancia con factores ambientales (Stein *et al.*, 2005).

En este estudio se presenta el primer informe sobre el programa de muestreo a gran escala de 1 año en el que se colocaron 808 ovitrampas en casas, utilizando un esquema de estratificación basado en la densidad de población humana y la distribución (cuatro trampas por cada 400 habitantes). El objetivo de este estudio es entender la actividad de oviposición de *Aedes aegypti* durante la estación de lluvia y seca para identificar las principales características que determinan la distribución espacio-temporal de esta especie de mosquito. Además, también se llevó a cabo la correlación de los datos de oviposición con la incidencia del dengue para proporcionar una ventana temporal para la estrategia de control proactivo.

2.- Material y Métodos

2.1.- Sitio de estudio.

La ciudad de Tapachula, Chiapas se localiza a los 14 ° 05 'N y 92 ° 16' E. El sitio cuenta con 320.451 habitantes en un área de 29,0 km², y *Aedes aegypti* es abundante dentro de la ciudad. En general, el sitio tiene un clima tropical con una temperatura promedio de 26,2 ° C (rango de 18,8 a 28,9 ° C), la temporada de lluvias (en promedio 1,567.2 mm por temporada) se extiende de mayo a septiembre y la temporada seca (promedio 248.2 mm por temporada) se extiende desde octubre hasta abril. La ciudad está dividida en cuatro sectores 1, 2, 3 y 4.

2.2.-Diseño de estudio y recopilación de datos.

Se realizó un estudio longitudinal de un año, con mediciones repetidas semanales de junio de 2011 a julio de 2012. Un total de 807 ovitrampas fueron colocadas en los cuatro sectores. En el sector 1 se colocaron 186 ovitrampas (23.04%), en el sector 2, 198 (24.53%), en el sector 3, 236 (29.24%) y por último el sector 4, 187 (23.17%). Las ovitrampas fueron colocadas siguiendo un muestreo sistemático, colocando 4 ovitrampas por manzana. Las ovitrampas fueron colocadas en zonas de exterior de la casa y a la sombra. El diseño básico de las ovitrampas incluyen los siguientes componentes: 1) un bote de plástico negro (con la parte inferior y la parte superior de 6,5 cm y 9,0 cm de diámetro respectivamente, y 13,5 cm de altura, 2) un papel filtro (Whatman N ° 4 de 15 cm y 5 cm). Se consideró un 60% del volumen total (400 ml) del nivel de agua en cada ovitrampa.

Las ovitrampas fueron monitorizadas a intervalos de 5-7 días con el apoyo técnico de personal capacitado de la Jurisdicción Sanitaria No. VII para evitar el desarrollo de formas de larvas de mosquitos, esta actividad consistió en localizar cada una de las ovitrampas, eliminar el papel de filtro y el agua y hacer una limpieza de la superficie interior del recipiente suavemente, y posteriormente reemplazar el agua colocando un nuevo papel filtro. El permiso se obtuvo de los habitantes antes de colocar las ovitrampas. La distancia entre las ovitrampas con otros contenedores se determinó por la disponibilidad de lugares viables para su colocación. Los huevos colectados de las ovitrampas fueron registrados en un formato de campo, posteriormente se seleccionó una muestra al azar de

los huevos los cuales se mantuvieron húmedos de 2 a 3 días siguiendo la recomendación de la OMS (Reiter y Nathan, 2001) y a continuación fueron incubados a tercer o cuarto estadio hasta adulto para examinar y corroborar que realmente pertenecían a *Aedes aegypti*.

2.3.- Recolección de datos epidemiológicos.

Los casos de fiebre por dengue confirmados por laboratorio fueron proporcionados por la Jurisdicción Sanitaria VII. El dengue se clasifica como una enfermedad de declaración obligatoria en México, donde el médico debe informar de la infección dentro de las 24 h del diagnóstico clínico. Todos los casos fueron confirmados mediante el aislamiento de la prueba de anticuerpos del virus NS1. La definición de los casos se utilizó de acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS), el sistema de clasificación y fueron idénticas para todas las áreas de estudio. Se preparó una base de datos para la entrada de datos y la coordinación en el almacenamiento de los mismos. La recolección de datos fue anónima y su confidencialidad está garantizada.

2.4.- Recolección de datos meteorológicos.

Los datos meteorológicos como precipitación, temperatura y humedad relativa fueron proporcionados por instituciones gubernamentales como INIFAP Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

2.5.- Elaboración de mapas temáticos de densidad de Kernel(KDE)

Se utilizó el programa Arcview, versión 8.1, para generar mapas temáticos que muestran la distribución espacial y temporal de los casos de fiebre por dengue y la densidad de huevos colectados a través de las ovitrampas. Se crearon mapas, uno para cada temporada (Lluvia y Seca). Para esto, los casos se asignaron de forma secuencial, según semana epidemiológica, lo que permite el modelo de dispersión de la enfermedad a ser identificados en tiempo y espacio. Los mapas de densidad utilizando el número de huevos de *Aedes aegypti* recogidos en el papel filtro se crean a partir de los datos semanalmente de la oviposición por estimación de Densidad de Kernel (KDE) y se utiliza por lo general para trazar la posible propagación del riesgo epidemiológico (Anderson, 2009).

El primer paso en KDE es la generación de redes uniformes que cubren el área de estudio. La densidad de cada red se calcula mediante la generación de un círculo con un radio especificado y la ubicación o la distancia de los puntos de la oviposición. El radio se estableció a 209 m y 348 m para la temporada de lluvias y secas respectivamente. Basándose en las distancias desde los puntos de oviposición a la red, se utilizó una función Gaussiana para generar las ponderaciones del número de huevos de *Aedes aegypti* en los puntos de oviposición. Si un punto de ovitrampa estaba más cerca de la rejilla con la ubicación (x, y), el número de *Aedes aegypti* para esta ovitrampa recibe mayor densidad. Este porcentaje significa que la red aumenta la probabilidad de ocurrencia del vector.

2.6.- Análisis estadísticos.

Todos los análisis estadísticos se realizaron con Stata versión 10.0. El número de huevos y ovitrampas positivas fueron analizados con un diseño de análisis de varianza (ANOVA). El análisis estadístico se llevó a cabo después de una transformación logarítmica de los datos para normalizar la distribución de estas variables y minimizar el error estándar. Además se realizó un análisis de correlación de Pearson entre es decir entre las variables para determinar asociación entre ellas.

3.- Resultados.

3.1.- Fluctuación estacional de huevos ovipositados por *Aedes aegypti*

El número de huevos de *Aedes* recolectados con las ovitrampas en ciudad de Tapachula fue de 949.662. El sector 3, fue el predominante con 273 950 ($X=22,76 \pm 0.46$), seguido por el sector 2 con 268 088 ($X=26,54 \pm 0.55$), posteriormente el sector 1 con 243 479 ($X=25,66 \pm 0.54$) y finalmente el sector 4 con 164 14 ($X=17,21 \pm 0.40$) respectivamente. El mayor registro de abundancia de huevos ocurrió durante los meses de mayo con 124 312 huevos ($X=51.21$), junio con 130 817 huevos ($X=58.91$) y julio con 390 20 huevos ($X=67.17$) representando el 30.97% de los huevos ovipositados por *Aedes aegypti*. Tabla 1

3.2.- Índice de ovitrampas positivas (IOP)

La presencia de las ovitrampas tuvo un efecto significativo en el número promedio de huevos ovipositados de *Aedes aegypti* ($F=67,59$, $df=41,156$, $P= 0,00$). En todo el periodo de estudio todos los sectores del área metropolitana presentaron ovitrampas positivas y los valores más altos fueron 97.15%, 87.36%, 84.26% para el sector 3, seguido del 84.01% para el sector 2. En los meses de abril, mayo y junio se obtuvieron los mayores porcentajes de ovitrampas positivas por sector. Esto indica que en estos tres meses se encuentra la mayor distribución del mosquito *Aedes aegypti* en el área metropolitana de Tapachula. Tabla 2

3.3.- Correlación de abundancia de *Aedes aegypti* con temperatura y precipitación

Los niveles de precipitación promedio durante el periodo de estudio fueron $X=8.06\text{mm}$ con rangos de (0.00 a 17.49 mm) En los meses de junio y julio de los años 2011 y 2012 respectivamente, se presentaron los mayores registros de precipitación con 17.49mm y 15.85 mm, respectivamente. En el año 2012 se encontró la mayor densidad de huevos ($X=28.24$). A través de una correlación de Pearson se encontró una correlación entre la densidad de huevos y los niveles de precipitación $P< 0.05$. Figura 1

En relación con la temperatura durante el periodo de estudio se registró un promedio de temperatura de $X= 20.61^{\circ}\text{C}$ con rangos de (19.48°C a 37.41°C). A través de una correlación de Pearson se observó que durante el periodo de estudio los incrementos de temperatura se relacionan con un incremento en el número de huevos $P<0.05$. Figura 2

3.4.- Relación entre la abundancia relativa y casos dengue

Durante el periodo de estudio se reportaron 304 casos de FD/DH confirmados por laboratorio mediante la prueba de diagnóstico NS1, de estos casos 192 corresponde a FD y 112 a FDH. El sector 2 fue el de mayor número de casos con 124 (40.78%), seguido del sector 1 con 67 casos (22.03%) posteriormente el sector 3 con 50 casos (16.44%) y finalmente el sector 4 con 63 casos (20.72%). Aproximadamente el 45.39 % de los casos se presentaron en los meses de mayo, junio y julio del 2012, predominando el mes de junio donde los cuatro sectores registraron el máximo número de casos, resaltando el sector 2 con

29 casos (43.93%) seguido del sector 1 con 15 casos (22.70%) y finalmente 10 y 12 casos (15.15% y 18.18%) para los sectores 3 y 4, respectivamente. Del mismo modo *Aedes aegypti* mostró una amplia variación en la abundancia de los huevos con valores máximos en mayo con 28 173 ($x=38.4$), junio con 29 850 ($X=40.56$) y julio con 88120 ($X=48.03$) coincidiendo con el aumento en el número de los casos mensuales (Figura 3). El análisis de correlación de Pearson fue significativa entre el número de huevos de *Aedes aegypti* y de los casos de FD/FDH por sector ($P<0.05$).

3.5.- Distribucion espacio-temporal de *Aedes aegypti*

A través de un análisis de Densidad de Kernel, se generaron mapas temáticos mensuales los cuales permitieron identificar a través de tres categorías: bajo (azul tenue), medio (Azul moderado) y alto riesgo (azul intenso) los conglomerados con mayor infestación de huevos de *Aedes aegypti*. De manera general se observó la variación de la distribución espacio temporal de la actividad de oviposición de *Aedes aegypti*, durante el periodo de estudio, los conglomerados mensuales mostraron una distribución homogénea de la actividad de oviposición. El sector 2 fue el que presentó los conglomerados de alto riesgo en la mayor parte de los meses de muestreo, seguido de los sectores 1 y 3, y en menor grado el sector 4.

En la figura 4 se observa que en los meses correspondientes a la época de lluvia la intensidad de los conglomerados se presentó en los sectores 1, 2 y 3 respectivamente. En los meses de enero y febrero del 2012, se observó una disminución en el número e intensidad de los conglomerados, persistiendo las zonas de alto riesgo en el sector 2 principalmente. A partir del mes de marzo la intensidad de los conglomerados se mantiene en los sectores 1, 2 y 3, respectivamente. Los sectores 1 y 2 se caracterizaron por presentar una mayor distribución espacio temporal en la intensidad de las zonas de riesgo, siendo mayor la abundancia relativa de huevos de *Aedes aegypti*.

3.6.- Distribucion espacio-temporal de casos DF/DFH

Un total de 304 casos se registraron durante el periodo de estudio. A través de un análisis de Densidad de Kernel, se puede observar en la figura 5, que los meses de junio, julio, agosto y septiembre, respectivamente, mostraron una distribucion espacio temporal homogénea en la intensidad de casos de fiebre por dengue. A partir del mes de octubre, noviembre, diciembre y enero (2012) se observó una mayor intensidad de transmisión de casos de fiebre por dengue en los sectores 2 y 1, respectivamente. En los meses de febrero y marzo del 2012, se observa una el sector 2 es el que presenta el mayor número de casos de fiebre por dengue. Sin embargo, la intensidad de los conglomerados es baja. A partir del mes de mayo, junio y julio, la intensidad de casos de fiebre por dengue se intensifica, principalmente en el sector 2.

3.7.- Asociación espacio temporal de la abundancia relativa de *Aedes aegypti* y riesgo epidemiológico.

Para establecer una asociación espacio temporal con las áreas con mayor riesgo de infestación de huevos de *Aedes aegypti* y la incidencia de casos de fiebre por dengue, se elaboraron mapas temáticos de Densidad de Kernel, para los periodos de lluvias y secas, en las cuales se generaron 5 categorías, el color amarillo es el nivel bajo y el color rojo fuerte es el de riesgo más alto.

La figura 6 se observa la distribución espacio temporal de los huevos de *Aedes aegypti* para la temporada de lluvias y secas. En la época de lluvias la distribución espacial de los huevos de *Aedes*, se observa principalmente en los sectores 1, 2 y 3, respectivamente. Los sectores 2 y 1 presentaron los mayores conglomerados de huevos de *Aedes*. La densidad de conglomerados de huevos en el sector 3, parece estar relacionada con el sector 2. En comparación con el sector 4, que muestra una separación de los conglomerados. En la época de secas la distribución de los conglomerados de huevos de *Aedes*, están más concentrados en el sector 2 y 3, mostrando casi la misma intensidad en el traslape de conglomerados registrados en la época de lluvias. En la Figura 7 el conglomerado con mayor incidencia de casos de fiebre por dengue se observa en los sectores 1 y 2, respectivamente. Se puede observar una relación espacial y temporal entre los casos

registrados para ambos sectores, principalmente en la época de lluvia. En comparación con la época de secas, donde la mayor concentración de casos se observa en el sector 2, en áreas donde la densidad de casos para la época de lluvia, no eran tan altos. Al traslapar los mapas temáticos de las Densidades de Kernel para huevos y para los casos de fiebre por dengue. Se pueden observar áreas muy específicas en las cuales tanto la densidad de huevos, como la densidad de casos incidentes de fiebre por dengue es alta.

Los resultados del análisis de regresión binomial negativa ajustado por temperatura e índice de Densidad de Kernel alto, indican que por cada grado centígrado que aumente la temperatura, el riesgo de que se incrementen el número de casos de fiebre por dengue es de 1.39 (95% IC=1.07-1.80). Al incluir en el modelo la tasa de oviposición el riesgo en el incremento de casos de fiebre por dengue se incrementa el 1.74 (95% IC=1.68-1.79). Tabla 3, Cuando se incluye en el modelo la temporada del año (lluvias y secas) se encontró que el riesgo de incidencia de casos de fiebre por dengue se incrementa 1.72 (95% IC=1.67-1.77). Tabla 4

4.- Discusión.

Los resultados obtenidos en este trabajo de investigación demostraron que la vigilancia entomológica con ovitrampas es un método útil para reconocer los sitios que por tener altas densidades de hembras ovipositando, tienen mayor riesgo entomológico de transmisión de dengue. Existen diversas investigaciones en donde se han empleado ovitrampas para determinar la presencia del vector por ejemplo Sales *et al.*, 2008 ubicaron 1,686 puntos de muestro con 144,471 ovitrampas, las cuales fueron leídas cada quincena, obteniendo 47,721 huevos en 3 años de muestreo. Registraron un Índice de positividad de ovitrampa (IPO) de 33%, observando grandes variaciones entre un año y otro y entre cada semana de muestreo. En otro estudio se evaluó la colocación de ovitrampas en el interior y exterior de las viviendas encontrándose los valores más altos del Índice de ovitrampa positiva (IPO) y el Índice de densidad de huevos (IDH) en el exterior de las viviendas (Surendran *et al.*, 2007). En nuestro estudio en todo el periodo de estudio todos los sectores del área metropolitana presentaron ovitrampas positivas indicando que el sector 3, fue el predominante seguido por el sector 2, posteriormente el sector 1 y finalmente el sector 4 respectivamente. En los meses de abril, mayo y junio que corresponden a la época de lluvia es donde se obtuvieron los mayores porcentajes de ovitrampas positivas por sector.

Las variables climáticas como temperatura, precipitación están estrechamente relacionadas a la abundancia de *Aedes* así como en la incidencia de casos. Hay una serie de estudios sobre las asociaciones entre variables climáticas, la incidencia dengue y la abundancia del vector, por ejemplo Nakhapakorn *et al.*, 2005 informó que el incremento de la actividad de *Aedes* se asoció positivamente con la precipitación. Un estudio en Taiwán, Wuet *et al.*, 2009 encontró una asociación positiva entre el número de huevos de *Aedes* y la temperatura máxima mensual y la precipitación acumulada. Estas observaciones son coherentes con la biología del vector. Otro estudio por Stein *et al.*, 2005 observó un pico de abundancia del vector entre noviembre y diciembre el que coincidió con el registro de temperaturas altas y mayores precipitaciones.

Chadee *et al.*, 2007 realizó un estudio donde se relacionaron las variables climáticas y los casos dengue y encontró que las estaciones cálidas coinciden con las estaciones de lluvias, cuando la variación de temperatura diaria es menor ($23 - 32^{\circ}\text{C}$) los patrones temporales de la distribución de los casos de dengue demostraron ser significativamente más altos durante la estación de lluvias que la estación de secas, Schreiber, 2001 observó la ocurrencia de los casos de FD/FHD con la estación de lluvias, los resultados demostraron que la variación estacional promedio de los casos de FD/FHD está muy relacionado ($r=88.1\%$) con la estación de lluvias, Hurtado-Díaz, 2007 encontró que los aumentos de la temperatura y las precipitaciones mensuales repercuten en el aumento de los casos de dengue. En nuestro estudio se observó que el mayor registro de abundancia de huevos ocurrió durante los meses de mayo, junio y julio representando el 30.97% de los huevos ovipositados por *Aedes aegypti*. Los niveles de precipitación promedio para estos meses presentaron los mayores registros con 17.49mm y 15.85 mm. En relación con la temperatura durante el periodo de estudio se registró un promedio de temperatura con rangos que van de 19.48°C a 37.41°C . A través de una correlación de Pearson se observó que durante el periodo de estudio los incrementos de temperatura y precipitación se relacionan con un incremento en el número de huevos $P<0.05$. Asimismo podemos decir que hay una relación directa entre el aumento en las precipitaciones y las oviposturas.

La investigación epidemiológica espacial utilizando SIG ha demostrado tener un alto potencial como una herramienta adicional para identificar espacial y temporalmente la relación entre las variables dependientes e independientes. Fernández I. y A. Flores, 1995 discutieron sobre el uso de mapas y su manipulación a través de sistemas de información geográfica. En Buenos Aires, Argentina, se realizaron estudios sobre la distribución espacial y temporal de la actividad de ovipostura de *Aedes aegypti* y su relación con la población humana bajo riesgo de transmisión del virus dengue, encontrando que altas densidades de huevos, se relacionaban con la aparición de casos nuevos de la enfermedad Carbajo *et al.*, 2004. Nuestro estudio demostró el análisis de Densidad de Kernel que permitió identificar los patrones espacio-temporal de la distribución de los huevos ovipositados por *Aedes* y los casos incidentes de fiebre por dengue.

Durante los periodo de lluvias se encontró que los meses de junio, julio, agosto y septiembre, respectivamente, mostraron una distribucion espacio temporal homogenea en la intensidad de casos de fiebre por dengue, que fueron asociados significativamente con la incidencia de casos de fiebre por dengue. en los sectores 2 y 1, respectivamente. El uso del análisis de Densidad de Kernel, para evaluar los patrones de oviposición de *Aedes aegypti* puede ser de mucha utilidad para implementar acciones de prevención y control dirigidas a los sitios con mayor riesgo entomológico, epidemiológico de transmisión.

5.- Referencias

1. Anderson, T. K. 2009. Kernel density estimation and K-means clustering to problem road accident hotspots. *Accid. Anal. Prev.* 41: 359-364.
2. Carbajo, A.E., S.M. Gómez, S.I. Curto & N.J. Schweigmann. 2004. Variación espacio-temporal del riesgo de transmisión del dengue en la Ciudad de Buenos Aires. *Med. Int. Health* 64: 231-234.
3. Chadee, D. D, B. Shivnauth. 2007. Climate, mosquito indices and the epidemiology of dengue fever in Trinidad. *annals of tropical medicine and parasitology* 101(1):67-77
4. Chang, S. F., J. H. Huang, and P. Y. Shu. 2012. Characteristics of dengue epidemics in Taiwan. *J. Formosan Med. Assoc.* 111: 297-299.
5. Debouch, M., Boutayeb, A., Twizell, E.H. 2003. A model of dengue fever. *Biomed. Eng:*2, 4.
6. Fernández S.I y Flores-Leal A.1995. El papel del vector *Aedes aegypti* en la epidemiología del dengue en México. *Salud Pública Méx.* 37(1):45-52
7. Focks, D.A. 2003. A review of entomological sampling methods and indicators for dengue vectors. World Health Organization, Ginebra, Suiza.
8. Hurtado-Díaz, M., H. Riojas-Rodríguez, S.J. Rothenberg, H. Gomez-Dantés & E. Cifuentes. 2007. Short communication: Impact of climate variability on the incidence of dengue in Mexico. *Trop. Med. Int. Health* 12: 1327-1337.
9. Kittayapong, P.; Yoksan, S.; Chansang, U.; Chansang, C.; Bhumiratana, A. 2008. Suppression of dengue transmission by application of integrated vector control strategies at sero-positive GIS-Based Foci. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 78, 70-76.
10. Lee, SJ. 1994. Development of eggs, larvae and pupae of *Aedes albopictus* (Skuse) (Diptera: Culicidae). *Chin J Entomol.* 14:13–32.

11. Nakhapakorn, K.; Tripathi, N.K. 2005. An information value based analysis of physical and climatic factors affecting dengue fever and dengue haemorrhagic fever incidence. *Int. J. Health Geogr.* 4, 13.
12. Ooi, E. E., K. T. Goh, and D. J. Gubler. 2006. Dengue prevention and 35 years of vector control in Singapore. *Emer. Infect. Dis.* 12: 887-893.
13. Reiter P. y M.B Nathan. 2001. Guías para la Evaluación de la Eficacia del Rociado Espacial de Insecticidas para el control del vector del Dengue. Organización Mundial de la Salud. Pp: 10-25.
14. Sales B. M., Adelaide Maria Sales Bessa, Jose Carlos Nascimento, Fernanda Carvalho De Meneses, Jose Eduardo Pessanha, Ione Oliveira Costa. 2008. The use of an ovitrap index to monitor *Aedes aegypti* in Belo Horizonte, Brasil. *J. Am. Mosq. Cont. Assoc.* 24(4): 582
15. Schreiber, K.V. 2001. An investigation of relationships between climate and dengue using a water budgeting technique. *Int. J. Biom.* 45: 81-89.
16. Stein, M., G.I. Oria & J.A. Willener. 2005. Fluctuación estacional de *Aedes aegypti* en Chaco, Argentina. *Rev. Saú. Públ.* 39: 559-564.
17. Surendran S. N., A. Kajatheepan, K. F.A. Sanjeefkumar and P. J. Jude. 2007. Seasonality and insecticide susceptibility of dengue vectors: An ovitrap based survey in a residential area of Northern Sri Lanka. *Southeast Asian J. Trop. Med. Public Health*; 38(2): 276-282
18. Switzerland. 2009. Dengue Guidelines for Diagnosis, Treatment, Prevention and Control; World Health Organization (WHO)
19. Wu, J. W., H. J. Teng, C. Lin, C. Y. Wang, D. P. Liu, and H. S. Wu. 2009. Recent distribution of vector mosquitoes and epidemiology of the diseases they transmitted in Taiwan. *Med. Entomol. Zool.* 60: 241-252.

6.- Tablas

Tabla 1.- Fluctuación de *Aedes aegypti* mensuales (Junio 2011-Junio 2012)

Sector	Meses														
	Huevos	J	J	A	S	0	N	D	E	F	M	A	M	J	J
1	N=243 479	43.47	38.73	33.33	52.02	55.54	33.61	34.28	30.45	14.91	36.65	36.74	51.37	59.43	62.94
2	N=268 088	34.04	33.37	36.19	53.35	60.6	36.44	33.04	46.93	38.59	25.88	36.23	52.83	69.52	67.54
3	N=273 950	35.63	39.56	37.47	58.92	53.13	46.89	44.11	41.02	48.47	29.92	30.74	53.66	53.02	78.53
4	N=164 145	30.32	30.8	36.42	33.44	42.03	26.66	29.87	28.59	21.00	26.93	29.58	47.01	53.68	59.69

Tabla 2.- Índice de ovitrampas positivas (IOP) mensuales (Junio 2011-Junio 2012)

Sector	Meses														
	Ovitrampas	J	J	A	S	0	N	D	E	F	M	A	M	J	J
1	N=187	59.48	58.49	56.88	71.38	49.81	45.72	63.20	38.29	14.50	21.07	77.70	72.12	58.86	17.47
2	N=198	52.42	65.06	49.57	65.80	44.86	62.95	81.04	50.06	15.24	23.67	84.01	84.01	71.62	17.60

3	N=236	51.67	59.48	19.33	29.00	60.59	64.31	78.07	57.25	12.02	36.06	97.15	87.36	84.26	19.95
4	N=187	45.85	46.47	12.27	19.45	34.20	45.85	58.36	41.14	13.63	24.29	74.47	67.91	66.17	16.98

Tabla 3.- Modelo de Regresión binomial negativa Ajustado a temperatura para la abundancia relativa de *Aedes aegypti*.

	IRR	IC 95%
Casos	1.39*	1.07-1.80
Temperatura	1.06*	1.05- 1.07
Tasa de oviposición	1.74*	1.68-1.79

* $P < 0.05$

Tabla 4.- Modelo de Regresión binomial negativa ajustado a temporadas para la abundancia relativa de *Aedes aegypti*.

	IRR	IC 95%
Lluvias	1.41*	1.31-1.51
Casos	1.36*	1.05-1.77
Temperatura	1.09*	1.08- 1.10
Tasa de oviposición	1.72*	1.67-1.77

Secas	0.70	0.65-0.75
Casos	1.36*	1.05-1.77
Temperatura	1.09*	1.08-1.10
Tasa de oviposición	1.72*	1.67-1.77

* $P < 0.05$

7.- Figuras

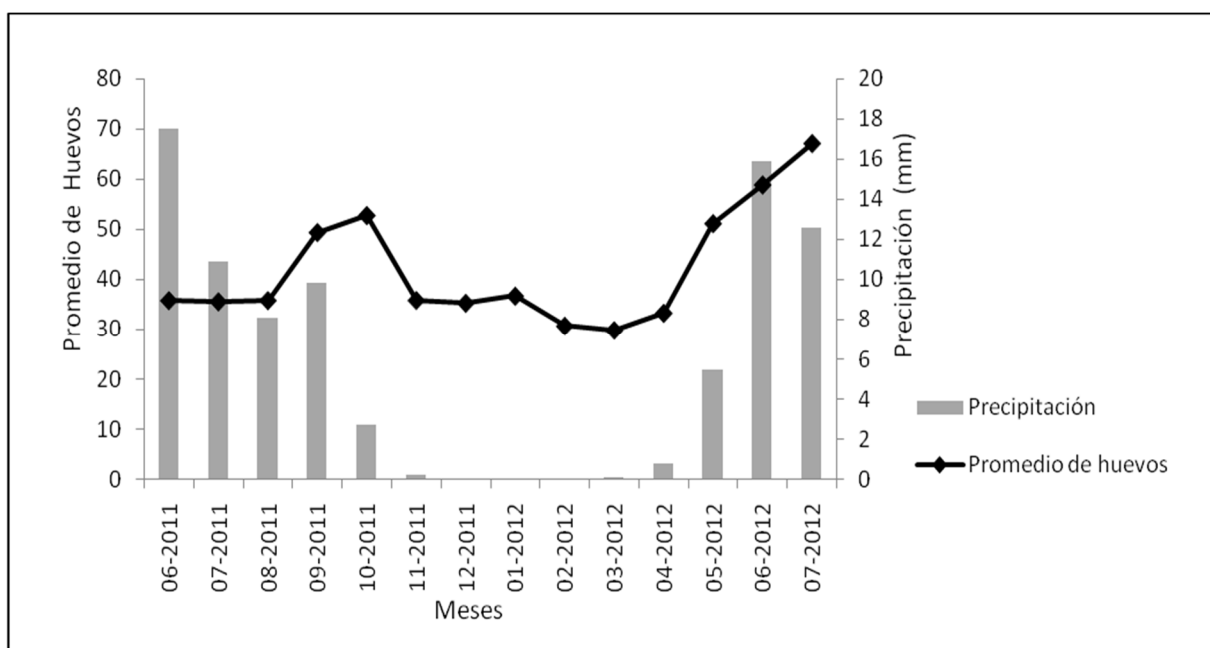


Figura 1.-Condiciones de precipitación registradas mensualmente y promedio de huevos *Aedes aegypti* de Junio 2011 a Julio 2012

Figura 2.- Condiciones de temperatura registradas mensualmente y promedio de huevos *Aedes aegypti* de Junio 2011 a Julio 2012

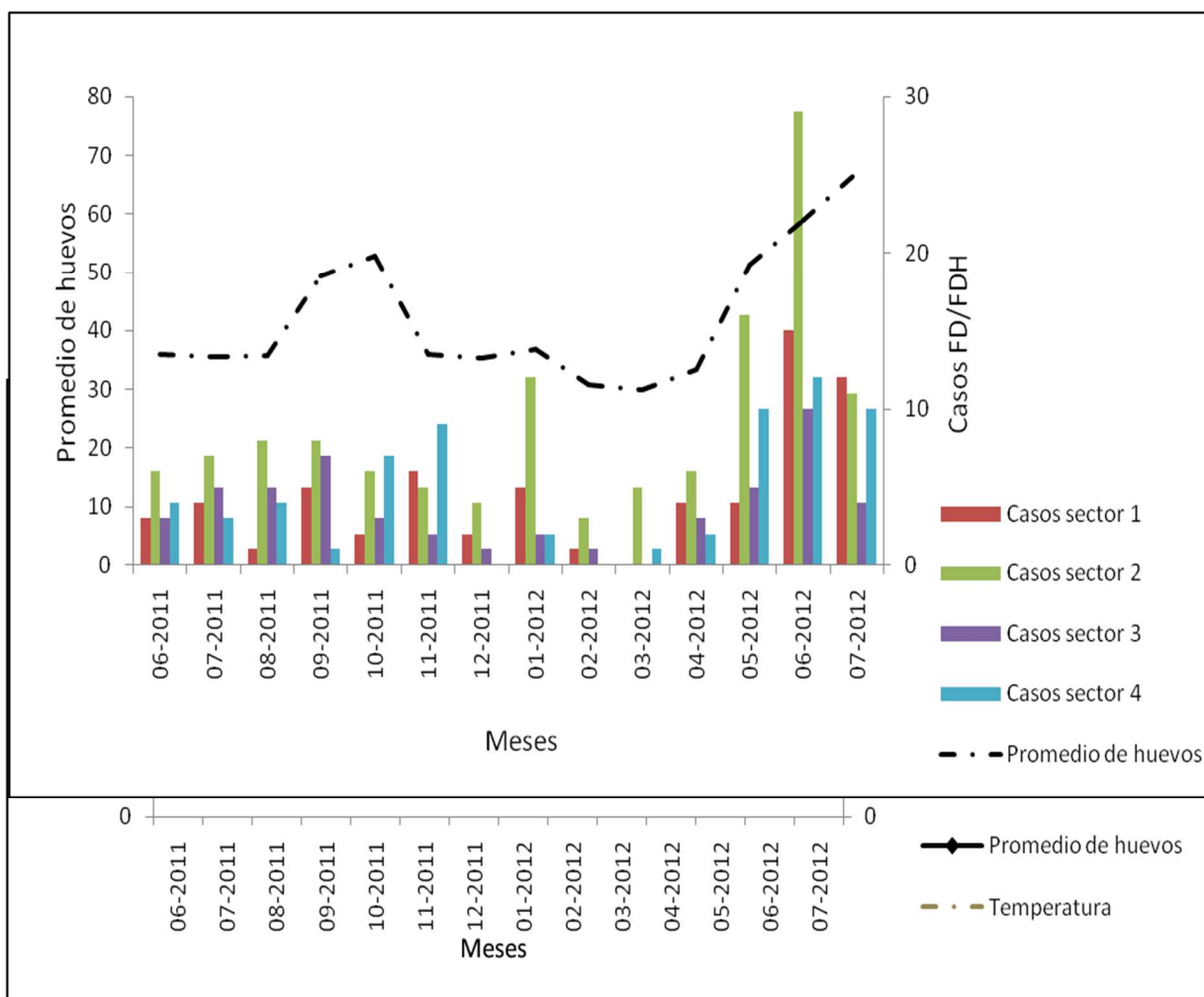
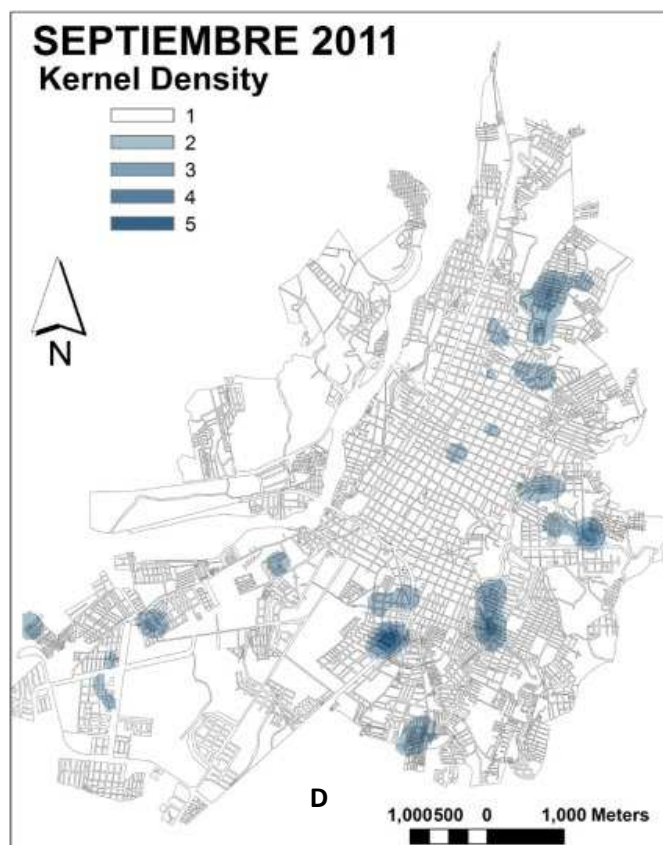
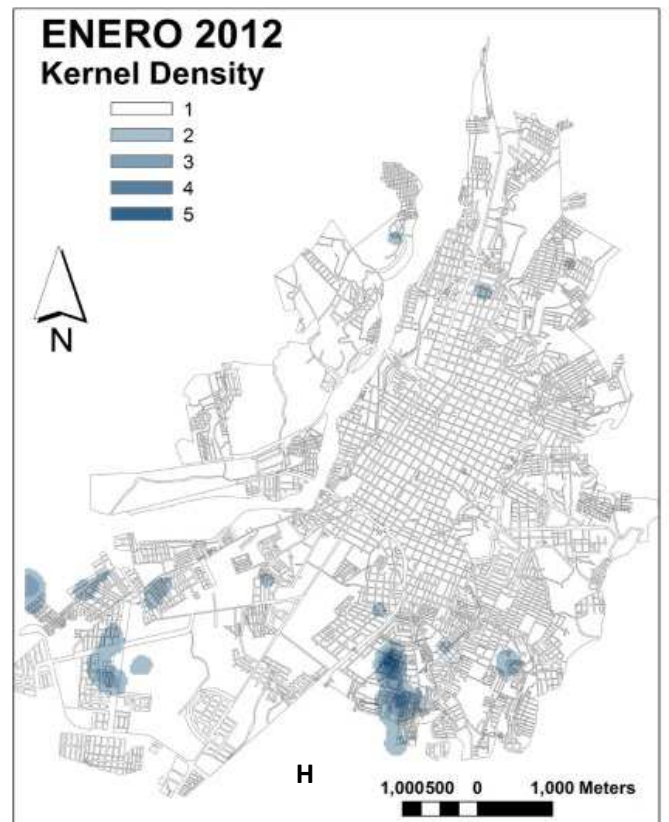
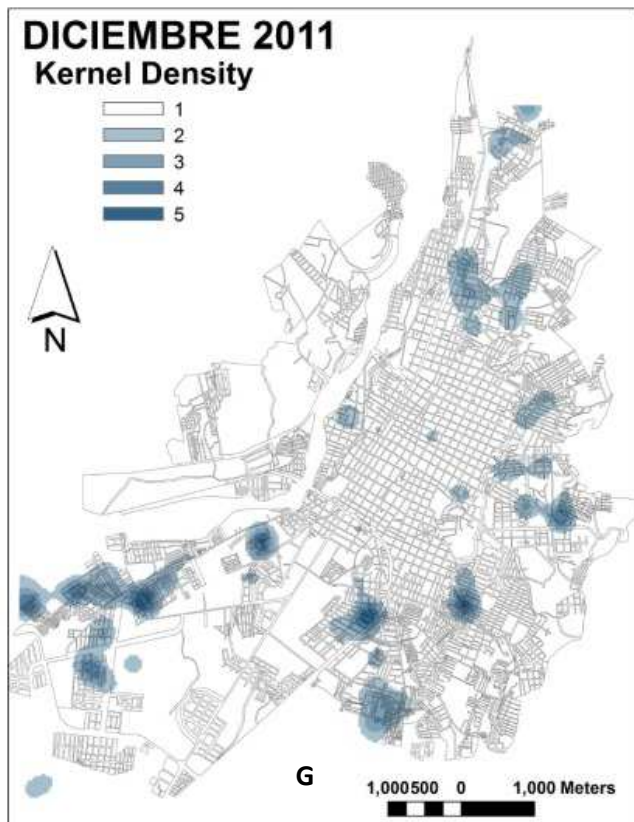
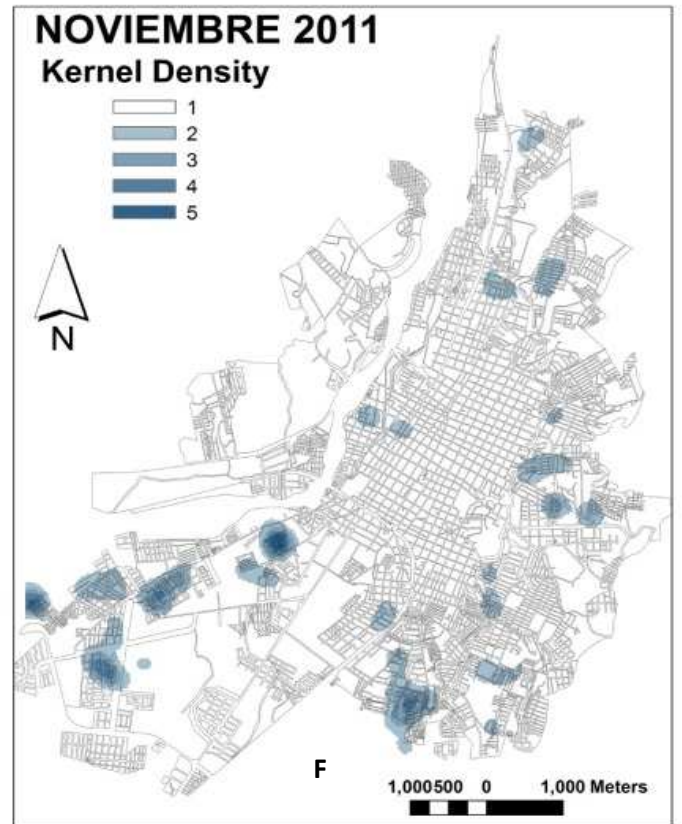
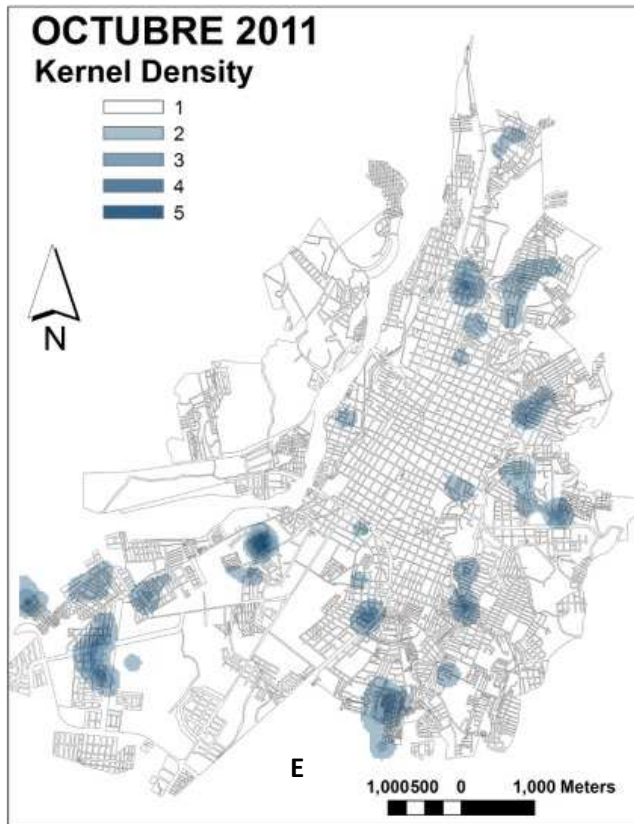


Figura 3.- Distribución mensual de casos FD/FDH y promedio de huevos *Aedes aegypti* de Junio 2011 a Julio 2012





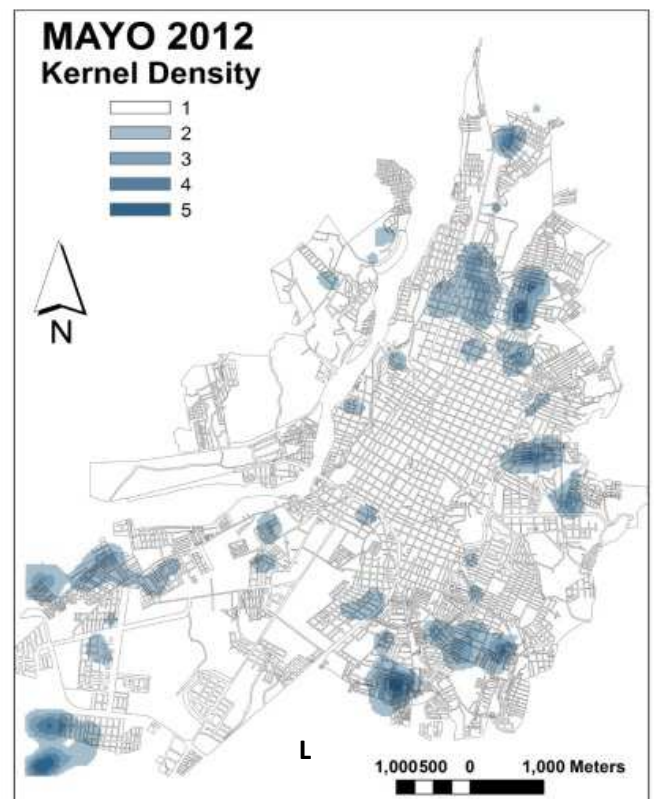
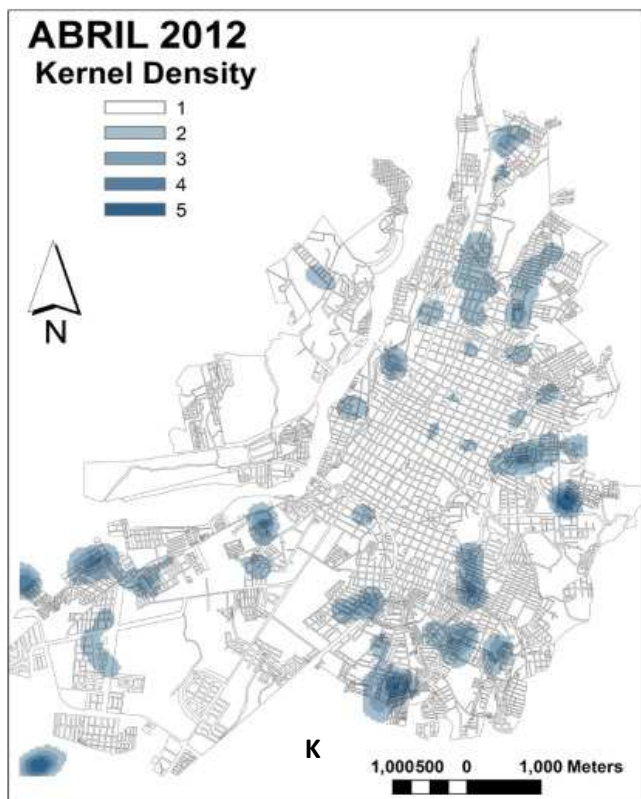
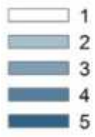




Figura 4.- Distribución espacio-temporal mensual de huevos ovipositados por la hembra de *Aedes aegypti* recogidos por las ovitrampas en el área metropolitana de Tapachula, Chiapas entre junio de 2011a julio de 2012. (A) junio (B) julio (C) agosto (D) septiembre (E) octubre (F) noviembre (G) diciembre (H) enero (I) febrero (J) marzo (K) abril (L) mayo (M) junio (N) julio.

JUNIO 2011

Kernel Density



A

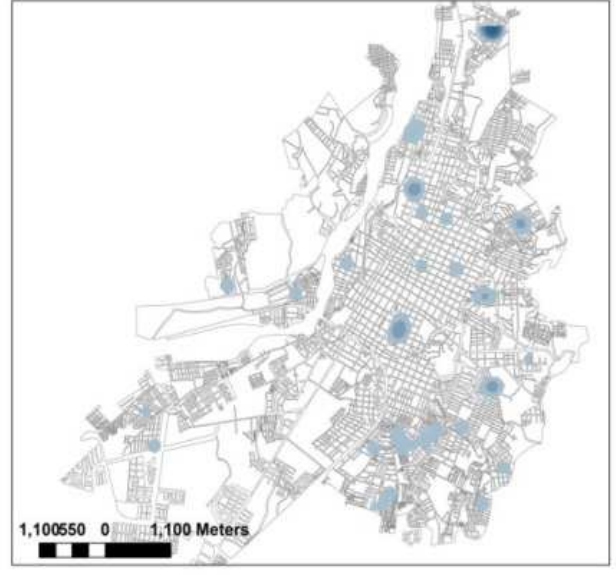


JULIO 2012

Kernel Density

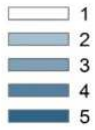


B

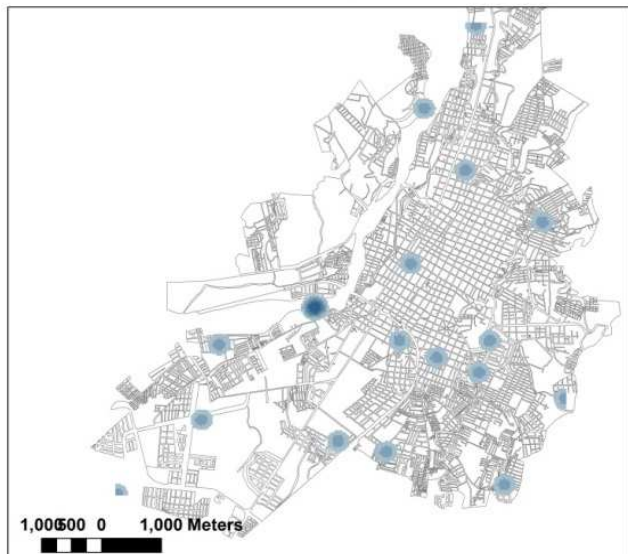


AGOSTO 2011

Kernel Density



C



SEPTIEMBRE 2011

Kernel Density

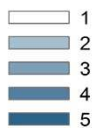


D

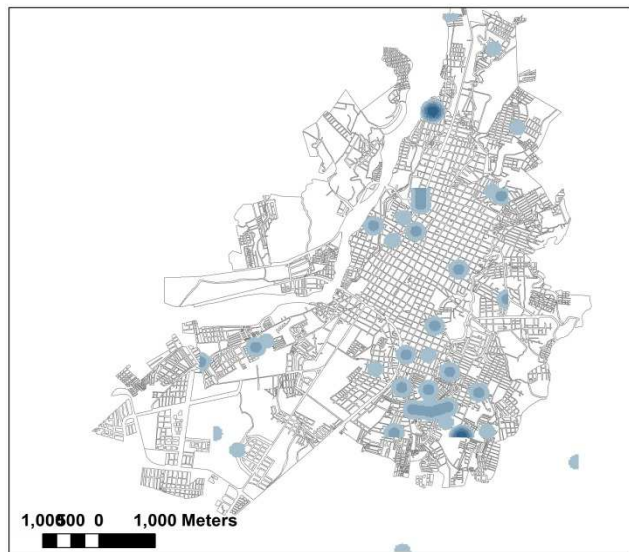


OCTUBRE 2011

Kernel Density



E

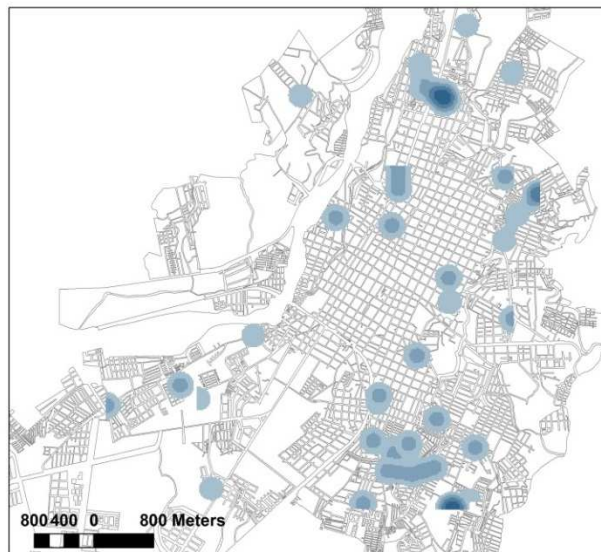


NOVIEMBRE 2011

Kernel Density

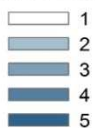


F



DICIEMBRE 2011

Kernel Density

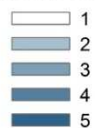


G

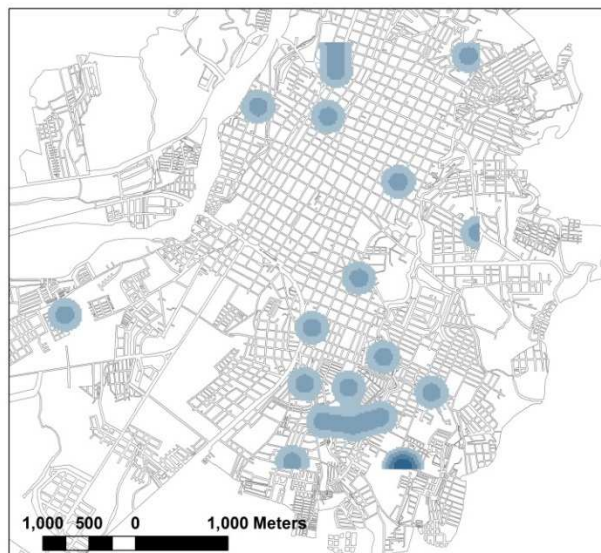


ENERO 2012

Kernel Density

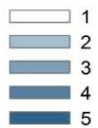


H

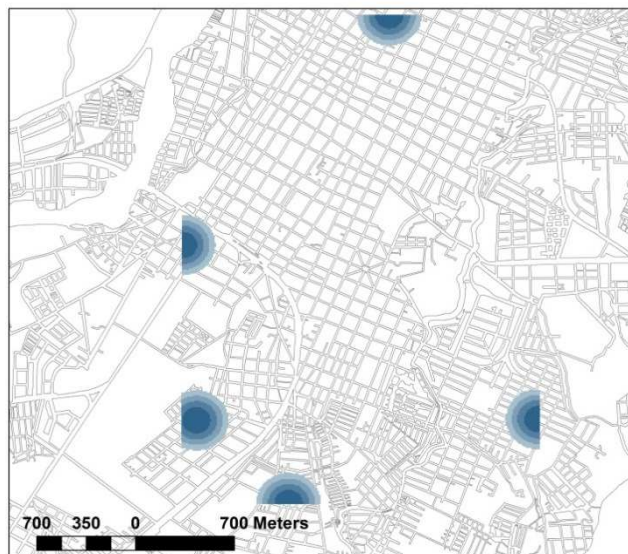
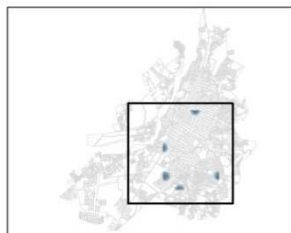


FEBRERO 2012

Kernel Density

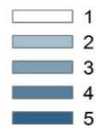


I

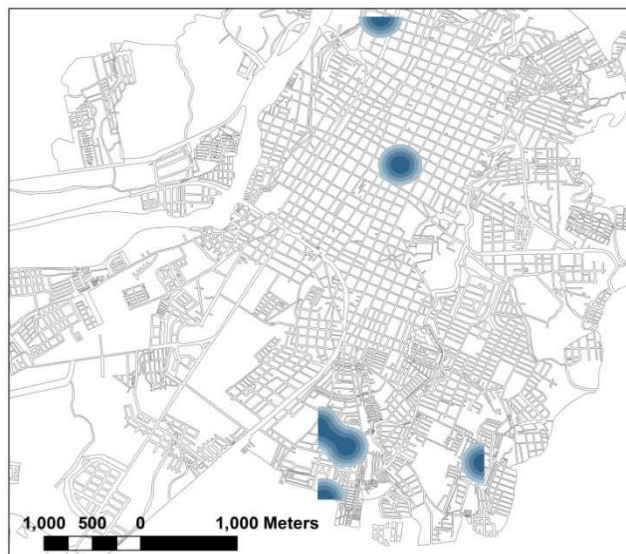


MARZO 2012

Kernel Density

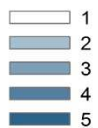


J

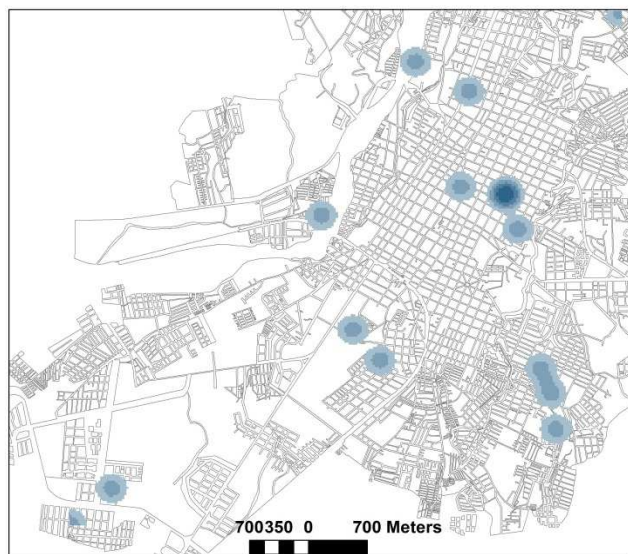


ABRIL 2012

Kernel Density

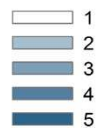


K

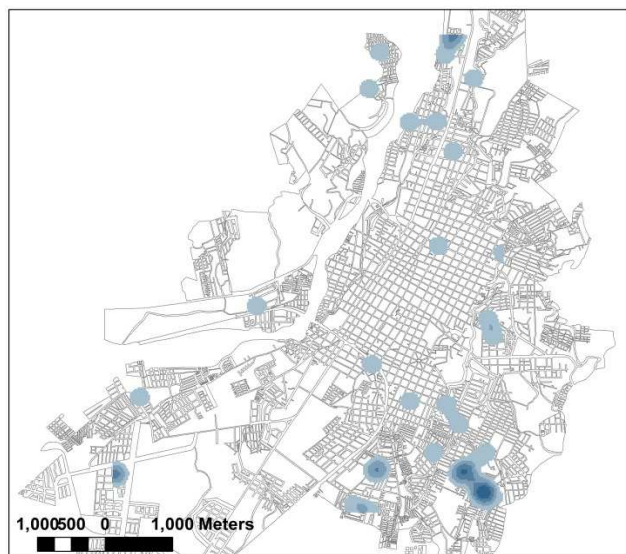


MAYO 2012

Kernel Density

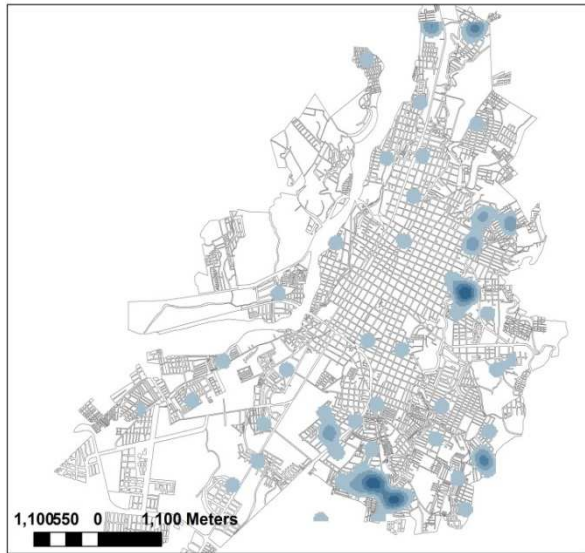
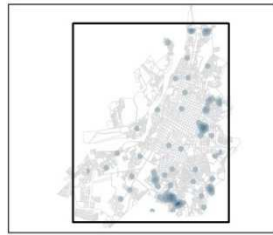


L



JUNIO 2012

Kernel Density



JULIO 2012

Kernel Density

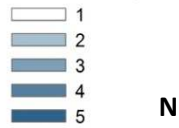


Figura 5.-Distribución espacio-temporal mensual de casos notificados en el área metropolitana de Tapachula, Chiapas entre junio de 2011 a julio de 2012. (A) junio (B) julio (C) agosto (D) septiembre (E) octubre (F) noviembre (G) diciembre (H) enero (I) febrero (J) marzo (K) abril (L) mayo (M) junio (N) julio.

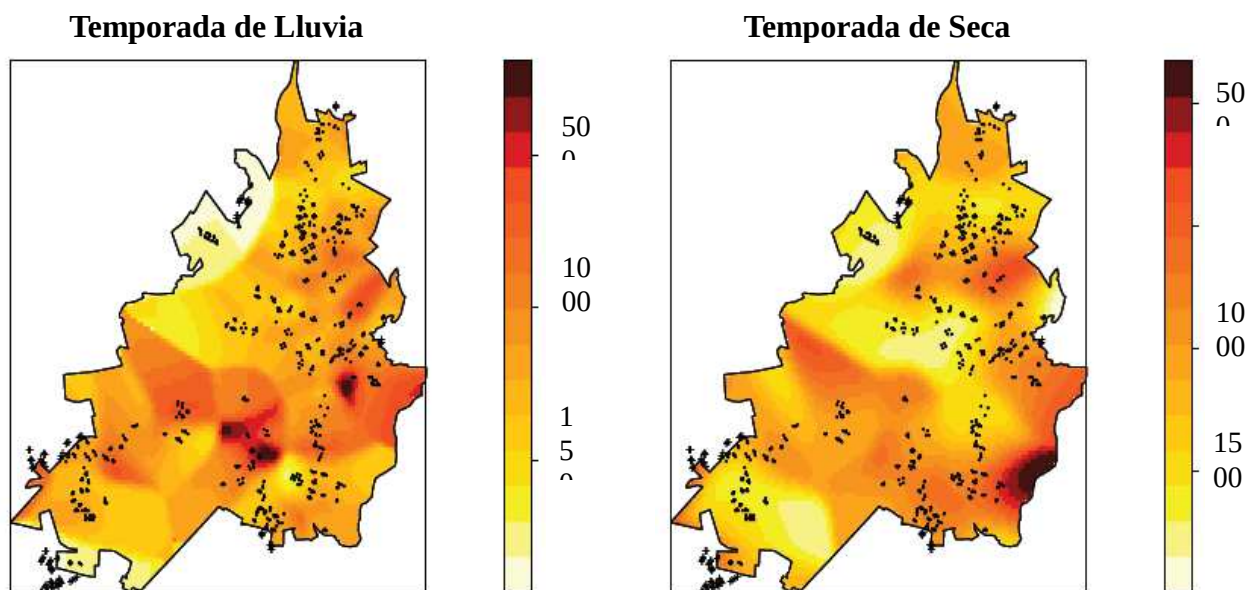


Figura 6.- Distribución espacio-temporal de Huevos ovipositados por *Aedes aegypti* en el área metropolitana de Tapachula, Chiapas en temporada de Lluvias (Izquierda) y Secas (Derecha) entre junio de 2011 a julio de 2012. También se muestra la ubicación de las ovitrampas.

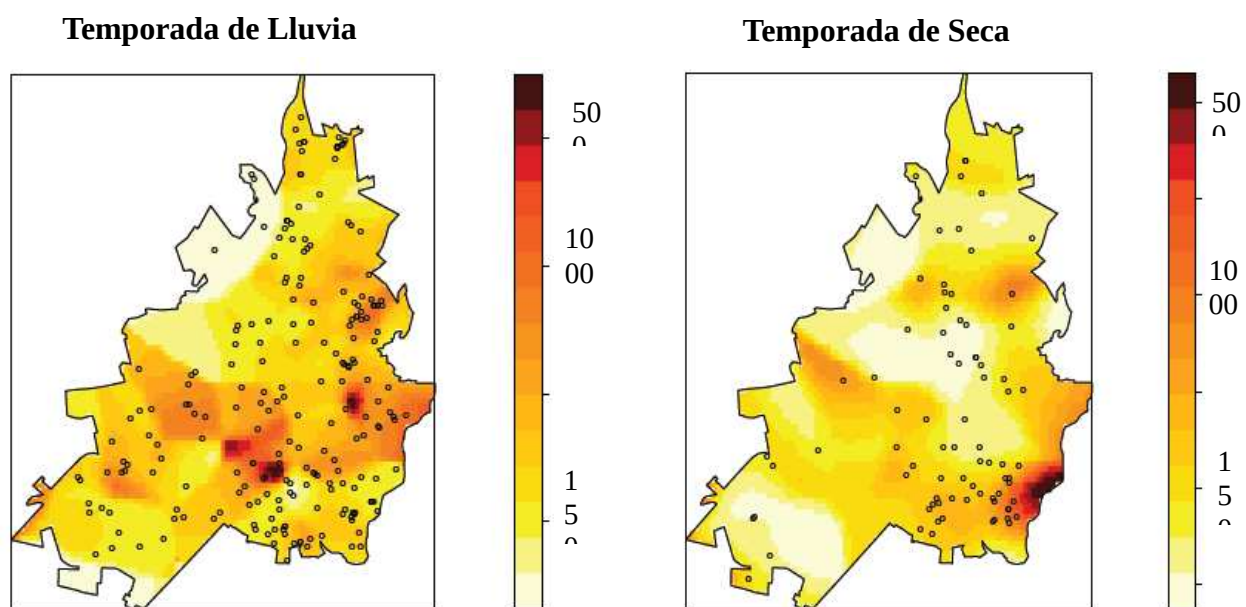


Figura 7.- Distribución espacio-temporal de los casos notificados de FD/FDH en el área metropolitana de Tapachula, Chiapas en temporada de Lluvias (Izquierda) y Secas (Derecha) entre junio de 2011 a julio de 2012. También se muestra la ubicación de los casos.