

Instituto Nacional
de Salud Pública

Escuela de Salud
Pública de México

Doctorado en Salud Pública

Generación 2012-2015

Estudio Piloto: vigilancia entomológica con ovitrampas y sus implicaciones en el control del dengue en Cuautla, Morelos.

M en C. Mariana Irina González Fernández.

Junio 2016

Introducción

El dengue es una infección viral aguda transmitida por mosquitos ¹ causada por uno de los cuatro virus (DENV1, DENV2, DENV3 y DENV4) pertenecientes a la familia *Flaviviridae* del género *Flavivirus*²

En la actualidad está considerado como la enfermedad por arbovirus más importante internacionalmente debido a su carga socioeconómica, para muchas regiones tropicales y subtropicales del mundo.^{1,2}

En las Américas, para el periodo 2000 al 2007, se reportaron 4,759,007 (71.5/100,000) casos de los cuales 111,724 (1.7/100,000) fueron de FHD.³ En 2015 solamente, se reportaron en el continente 2.3 millones de casos probables, se confirmaron 561,501. Los casos graves fueron 10,276, los cuales causaron 1,181 defunciones.⁴ Situación que se favorece por la amplia presencia de serotipos circulantes cuyo antecedente para la región data desde 1980.³

En México, el número de casos de dengue ha mostrado fluctuaciones cíclicas en los últimos 30 años, alcanzando picos por arriba de los 50,000 seguidos por disminuciones marcadas.⁵ En el contexto regional, los brotes aparecen de manera explosiva y luego desaparecen durante 3 a 5 años, antes de reaparecer en la misma zona geográfica.³

Hasta 2005 el estado de Morelos se consideraba como zona de bajo riesgo de transmisión, comparada con otras regiones del país. Sin embargo; para 2006, 2008 y 2012 los brotes de dengue se reflejaron en tasas de incidencia que iban desde 147 a 181 para fiebre por dengue (FD) y de 25 a 127 por 100,000 hab. de fiebre hemorrágica por dengue (FHD).^{5, 6} Desde 1995 se han reportado los cuatro serotipos del virus dengue⁶; sin embargo, el panorama para los próximos años tiende a ser de más riesgo debido a la co-circulación de serotipos y la introducción de nuevos virus como virus Chikungunya y Zika.

El estudio de las enfermedades transmitidas por vector como: dengue, chikungunya, zika, fiebre amarilla y otras arbovirosis que infectan a los humanos, poseen un común denominador de gran interés en la salud pública; el mosquito de la familia *Culicidae* del género *Aedes* y cuyas principales especies son el *Aedes aegypti* (Linnaeus 1762) y *Aedes albopictus* (Skuse 1894)⁷.

El *Aedes aegypti*, es el principal vector de los cuatro serotipos del virus Dengue, especie altamente domesticada, con gran adaptación urbana e interacción ecológica importante a causa de su distribución en áreas tropicales y subtropicales del mundo^{8,9}; prospera en ambientes antropofílicos modificados, en los alrededores de las viviendas humanas principalmente en recipientes artificiales. Este hábito, junto con la expansión de los sistemas mundiales de transporte ha facilitado su dispersión¹⁰.

La densidad de *Aedes spp.* está relacionada con los factores climáticos que influyen su abundancia, distribución¹¹ y eficacia en la transmisión viral.¹²

Bajo condiciones climatológicas favorables, los mosquitos presentan una gran longevidad, permitiendo a las hembras incrementar su ingesta de sangre y oviposición^{11,13}. Los mosquitos adultos se alimentan únicamente cuando la temperatura ambiente excede los 18°C,¹⁴ y la frecuencia de alimentación incrementa cuando la temperatura es cálida y la humedad baja.¹⁵ Así mismo, a pesar de que generalmente se esperan las mayores densidades de mosquitos durante y después de una estación lluviosa, el efecto de la precipitación parece ser específico del sitio y no sólo de la acumulación de precipitaciones, la frecuencia y la intensidad¹⁶⁻²⁰, sino también, de la variabilidad en el número de criaderos artificiales para retener el agua durante períodos de estiaje.^{19, 21, 22}

Los objetivos de este estudio son: evaluar el impacto de las variables ambientales en la densidad de huevos de mosquitos del género *Aedes* con el objeto de generar información para ser utilizada en la calibración de sistemas de alerta temprana en enfermedades transmitidas por mosquitos.

E identificar los factores entomológicos y sociodemográficos que se asocian con la transmisión de dengue a nivel de manzana.

Impacto del clima sobre las poblaciones de mosquitos del genero *Aedes* sp., en Cuautla, Morelos, México.

Introducción: el *Aedes aegypti*, es el principal vector de los cuatro serotipos del virus Dengue, especie altamente domesticada, con gran adaptación urbana e interacción ecológica importante a causa de su distribución en áreas tropicales y subtropicales del mundo. Su densidad está relacionada con los factores climáticos que influyen su abundancia, distribución y eficacia en la transmisión viral. **Objetivo:** evaluar el impacto de las variables ambientales en la densidad de huevos de mosquitos del género *Aedes* con el objeto de generar información para ser utilizada en la calibración sistemas de alerta temprana en enfermedades transmitidas por mosquitos. **Métodos:** se realizó en Cuautla localidad de alto riesgo de transmisión de dengue, con clima de tipo Aw (w) (i) g, cálido subhúmedo, con dos estaciones: seca de noviembre-mayo y lluviosa de junio-octubre. A partir de los huevos de mosquitos y ovitrampas positivas, se construyó el índice de densidad de ovitrampas. La temperatura, humedad relativa y precipitación para el periodo 2012-2013 fueron obtenidas de la estación meteorológica automática administrada por la Comisión Nacional del Agua. Una regresión múltiple fue empleada para conocer la correlación entre la temperatura, humedad relativa y precipitación promedio con el índice de densidad de ovitrampas en cada semana. **Resultados:** la humedad relativa con el desfase de 3 semanas explica mejor el índice de densidad de ovitrampas $R^2=0.60$. En el modelo de regresión múltiple, considerando la temperatura, humedad relativa y precipitación promedio por semana una $R^2=0.87$, y estratificando por temporadas, la seca $R^2=0.81$. **Conclusiones:** los incrementos en la humedad pueden predecir con hasta tres semanas de anticipación el índice de densidad de ovitrampas a partir de la proliferación de huevos de mosquitos *Aedes spp.* La estacionalidad observada de la presencia de los mosquitos en la temporada de secas para Cuautla ocurre principalmente durante periodos de humedad promedio constante.

Palabras Clave: mosquitos *Aedes*, ovitrampas, factores climáticos.

Introducción

El estudio de las enfermedades transmitidas por vector como: dengue, chikungunya, zika, fiebre amarilla y otras arbovirosis que infectan a los humanos, poseen un común denominador de gran interés en la salud pública; el mosquito de la familia *Culicidae* del género *Aedes* y cuyas principales especies son el *Aedes aegypti* (Linnaeus 1762) y *Aedes albopictus* (Skuse 1894)¹.

El *Aedes aegypti*, es el principal vector de los cuatro serotipos del virus Dengue, especie altamente domesticada, con gran adaptación urbana e interacción ecológica importante a causa de su distribución en áreas tropicales y subtropicales del mundo^{2,3}; prospera en ambientes antropofílicos modificados, en los alrededores de las viviendas humanas principalmente en recipientes artificiales. Este hábito, junto con la expansión de los sistemas mundiales de transporte ha facilitado su dispersión⁴.

Los brotes de dengue también se han atribuido al *Aedes albopictus* y a otras especies secundarias, como *Aedes polynesiensis*, y *Aedes scutellaris*⁵ con una ecología, conducta y distribución geográfica determinadas^{1,2,6}, que pone en riesgo a más del 70% de la población mundial².

La densidad de *Aedes spp.* está relacionada con los factores climáticos que influyen en su abundancia, distribución⁷ y eficacia en la transmisión viral.⁵

Bajo condiciones climatológicas favorables, los mosquitos presentan una gran longevidad, permitiendo a las hembras incrementar su ingesta de sangre y ovipostura^{7,8}. Numerosos estudios han documentado que temperaturas ambientales entre 5 y 40°C aproximadamente son requeridas para la supervivencia de los mosquitos, pero mayores densidades de mosquitos se producen cuando las temperaturas permanecen de 15 a 32°C.⁹⁻¹⁵ Los mosquitos adultos se alimentan únicamente cuando la temperatura ambiente excede los 18°C,¹⁶ y la frecuencia de alimentación incrementa cuando la temperatura es cálida y la humedad es baja.¹⁷ Asimismo, a pesar de que generalmente se esperan las mayores densidades de mosquitos durante y después de una estación lluviosa, el efecto de la precipitación parece ser específico del sitio y no sólo de la acumulación de precipitaciones, la frecuencia y la

intensidad¹⁸⁻²⁰, sino también, de la variabilidad en el número de criaderos artificiales para retener el agua durante períodos de estiaje.^{9,21,22}

En estudios experimentales sobre la sensibilidad del virus Dengue y su dinámica de transmisión bajo temperaturas constantes sobre individuos de *Aedes aegypti*,²³ se ha encontrado que aumentando la temperatura (que se supone constante), se reduce el período de incubación extrínseca (EIP), incrementando la mortalidad de mosquitos,^{24,25} y dando como resultado una mayor proporción de mosquitos infectados. Además, un aumento en el intervalo de temperatura diurna (DTR) reduce la velocidad del virus en mosquitos infectados (es decir, un EIP más largo).²³ Y que cuando las temperaturas medias superan 18°C, grandes intervalos de temperatura diurnas disminuyen la transmisión, presumiblemente a causa de una reducción en la supervivencia del vector y la amplificación viral durante las horas más frías de cada día.²⁶

En México, en los últimos 30 años, el dengue ha tenido un comportamiento cíclico en relación al número de casos que se presentan año con año, alcanzando picos de más de 50,000 casos, seguido por disminuciones marcadas.²⁷ En el contexto regional, los casos normalmente aparecen en una entidad federativa con brotes explosivos que posteriormente desaparecen de 3 a 5 años antes de reaparecer.²⁸ Este patrón demuestra la complejidad de la enfermedad y de su transmisión. Hasta el momento, las medidas de prevención y control no han dado los resultados que se esperaban debido a la estructura vertical del programa y a la falta de anticipación, teniendo las acciones un carácter reactivo cuya acción principal se centra en el control químico y la resistencia progresiva del vector.²⁹

El estado de Morelos se consideraba hasta el 2005 como zona de bajo riesgo de transmisión comparada con otras regiones del país. Para los años 2006, 2008 y 2012 se identifican los brotes de dengue más importantes en la historia de la entidad, registrando incidencias que iban desde 147 a 181 para FD y de 25 a 127 para FHD por 100,000 hab.^{27, 30} Sin embargo, las especies *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus* han sido reportadas,³¹ las cuales generalmente ovipositan en recipientes artificiales como tanques, cubetas, tambos, cisternas, y otros contenedores con agua almacenada.^{32,33}

Se conocen bien los mecanismos generales de la transmisión del virus Dengue, y es muy claro que existen factores que interactúan^{34, 35} y que parecen modificar el comportamiento de los brotes de manera marcada, aun cuando hasta el momento no hemos podido explicarlas en su totalidad a pesar de las diversas estrategias implementadas en la vigilancia epidemiológica y entomológica.

Una de las explicaciones más recientes para la aparición explosiva de casos es la sustitución cíclica de serotipos en una zona endémica, la circulación simultánea de varios de ellos, el genotipo y los antecedentes de circulación previa, la acumulación de individuos susceptibles, y las modificaciones en la inmunidad de rebaño, lo cual explica de manera parcial el comportamiento estacional que se ha observado de los brotes en patrones de distribución y dispersión espacial.

El estudio de las densidades de vectores ha sido una herramienta empleada para la identificación de zonas con riesgo de transmisión³⁴. Sin embargo, la utilidad de este indicador solo ha sido demostrada como una variable dicotómica, según la cual, ante la presencia de mosquitos, existe peligro de que puedan aparecer casos de FD/FHD. Este indicador no ha sido útil en la correlación del riesgo, es decir, para demostrar de que a mayor densidad de mosquitos, mayor incidencia de casos. Si ocurre de esta forma, se presenta el problema de interpretar el muestreo en términos de la epidemiología de la enfermedad.

En México, la normatividad vigente³⁶, señala que para realizar una correcta vigilancia entomológica de los mosquitos vectores del virus Dengue en su fase adulta; esta se debe realizar mediante la instalación y monitoreo longitudinal y prospectivo de ovitrampas.

Este trabajo estudió el impacto de las variables ambientales en la densidad de huevos de mosquitos del género *Aedes* con el objeto de generar información para ser utilizada en la calibración sistemas de alerta temprana en enfermedades transmitidas por mosquitos.

Material y métodos

Área de estudio: El estudio se realizó en la localidad urbana de Cuautla, Morelos considerada de estrato 1 (alto riesgo de transmisión) ya que cumple con los criterios de inclusión:

antecedentes de transmisión, transmisión activa y áreas a evaluar con actividades operativas. Se ubica en las coordenadas N18°48'44'', O98°57'21'' (figura 1.), con una altitud de 1,300 msnm y 154,358 hab.^{38,39}, forma parte de las localidades consideradas de alto riesgo de transmisión de dengue en el estado de Morelos y corresponde a la jurisdicción sanitaria No. III del estado.³⁰

Cuatla presenta un clima de tipo Aw''0(w)(i)g, cálido subhúmedo, que se caracteriza por dos estaciones: una seca de noviembre a mayo y otra lluviosa de junio a octubre. La temperatura y precipitación pluvial en secas es de 22°C y 2.6mm, mientras que lluvias la temperatura promedio es de 22.8°C con una precipitación pluvial de 40.3mm.^{40, 41}

Cuatla es la 3ª localidad más poblada del estado después de Cuernavaca y Jiutepec, con 175,207 habitantes (1,802.5 hab/km²) al censo del INEGI 2010³⁷, tiene un total de 46,480 viviendas particulares habitadas con un promedio de 3.8 ocupantes por vivienda. De esas 5.5% tienen piso de tierra, 59.5% tienen agua entubada, 98.1% poseen drenaje y 99.2% electricidad. El 55.9% de la población corresponde al grupo etario de 12 años y más; de los cuales el 96.4% tienen alguna ocupación. 2010³⁷



Figura 1. Localización de Cuatla

la localidad urbana

Panorama epidemiológico: Cuatla ha presentado en los años 2006, 2008 y 2012 las incidencias de FD y FHD más altas de su historia que oscilaron desde 422 casos hasta 570 por 100,000 hab. para FD y 22 a 147 casos por 100,000 hab. para FHD. La circulación de los

serotipos DENV1, DENV2 Y DENV3, es otra de las características principales que sitúan a Cuautla como una localidad de estrato 1.³⁰

Datos entomológicos: la información referente a ovitrampas con lecturas, positivas, manzanas con ovitrampas positivas y total de huevos de mosquitos del género *Aedes spp.*, en ovitrampas positivas; fue generada del monitoreo de las 900 ovitrampas instaladas en 225 manzanas distribuidas 9 colonias y reportadas en la plataforma de vigilancia entomológica y control integral del vector (PVECIV)^{42,43} y facilitada por servicios de salud de Morelos. Y a partir de estas variables se construyó un indicador llamado índice de densidad de ovitrampas (IDO) que es igual al total de huevos por ovitrampas positivas por manzana por semana para cada uno de los años de estudio.

Variables ambientales: Los datos de temperatura promedio; así como de humedad relativa y precipitación para el periodo 2012-2013 fueron obtenidos a través de la estación meteorológica automática (EMA) administradas por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), ubicada en el Instituto Mexicano de Tecnología del agua a una distancia aproximada de 28.1km de Cuautla y una altitud de 1,355 m.s.n.m.; debido a que la localidad de estudio no cuenta con estación meteorológica.

Análisis de datos: las variables de temperatura promedio, humedad relativa promedio y precipitación promedio por semana fue comparada con el índice de densidad de ovitrampas en cada semana, empleando una regresión lineal. A través de una regresión logística múltiple determinaremos la densidad por ovitrampas semanal versus variables ambientales: en temporada de secas y de lluvias. Estas relaciones fueron evaluadas con una prueba de correlación de Pearson empleando el software Stata 13.0, USA. A un nivel de confianza del 5%.

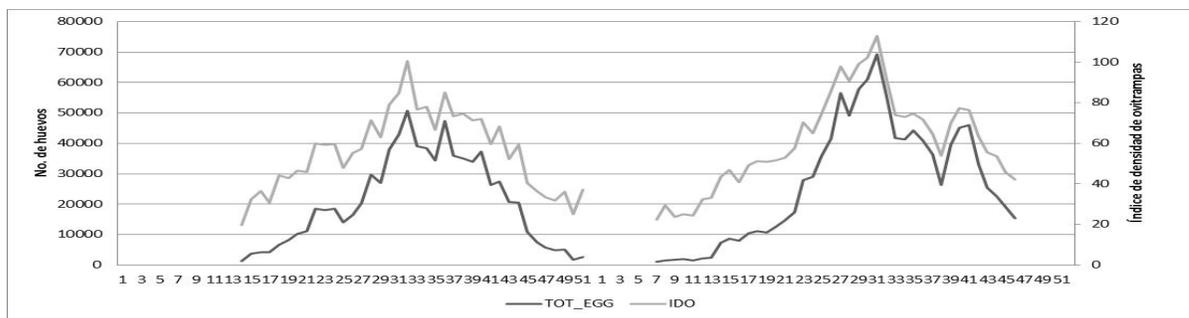
Resultados

Datos entomológicos

Durante el periodo de estudio, 900 ovitrampas fueron instaladas y monitoreadas por el personal de entomología de la jurisdicción sanitaria No. III de servicios de salud de Morelos. Se obtuvieron 1,853,005 huevos de los cuales 779,100 en el 2012 y 1,703,905 en el 2013, con una media semanal de 23,757. Las semanas epidemiológicas 32 y 31 correspondientes al mes de agosto del 2012 y 2013 respectivamente resultaron ser las que se reportaron la mayor cantidad de huevos (figura 2).

El promedio de huevos por ovitrampa y semana tuvo una media de 54.34, con valores mínimos y máximos de 22.41 y 98.8. Los valores máximos se observaron entre las semanas 20 a 40.

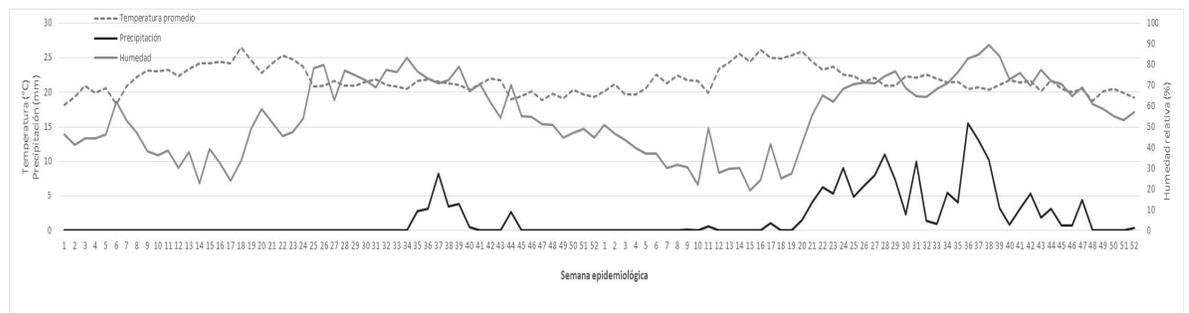
Figura 2. Valores entomológicos: total de huevos e índice de densidad para 2012 y 2013 de la localidad de Cuautla, Morelos.



Condiciones climáticas

En la figura 3, se observa el comportamiento semanal de las variables temperatura, precipitación y humedad para la localidad de Cuautla durante dos años de seguimiento.

Figura 3. Comportamiento por semana de las variables temperatura, precipitación y humedad en Cuautla, Morelos entre 2012 y 2013.



La temperatura registrada fue relativamente estable con una media de 21.77°C, y rangos de 19.18°C y 25.66°C. Las semanas más cálidas correspondieron a los meses de abril y mayo

(semanas 16 – 19) y las más frías a los meses finales de noviembre, diciembre y enero (semanas 47 - 52 y 1 - 4).

La humedad relativa de la zona tuvo una variabilidad mayor, siendo el valor promedio de 55.68% y con rangos máximos y mínimos de 26.5% y 81. 7% respectivamente. El comportamiento de esta variable es consistente con las temporadas de secas y de lluvias en el periodo de estudio.

La variable precipitación tuvo una media de 1.71 mm semanales, con rangos de 0 y 10.67 mm. De manera similar a la variable humedad, esta variable presenta valores diferenciados para la temporada de secas, en las cuales se registran valores muy cercanos a 0 mm, mientras que durante el tercer trimestre del año se registran los valores más elevados. No obstante, aunque en ambos años se registraron los valores máximos durante el periodo comprendido entre las semanas 34 – 38, su comportamiento registró una magnitud diferente en los años revisados, siendo mucho menor durante 2012 con respecto a 2013 (tabla 1).

Parámetro	Observaciones	Media	DE	Valor mínimo	Valor Máximo
Temperatura media semanal 2012	52	21.62	1.92638	18.21428	26.45
Temperatura media semanal 2013	52	21.90	1.83	18.81	26.12
Humedad media semanal 2012	52	55.29	16.08	23	83.42
Humedad relativa media semanal 2013	52	56.07	19.51	19.25	89.57
Precipitación semanal 2012	52	0.47	1.45	0	8.26
Precipitación semanal 2013	52	2.94	3.91	0	15.54
Total de huevos semanales 2012	38	20,502.63	14,563.37	1,297	50,748
Total de huevos semanales 2013	40	26847.63	19778.48	986	69296
Índice de densidad de ovitrampas 2012	38	55.64	19.27	19.65	100.69
Índice de densidad de ovitrampas 2013	40	60.55	23.41	22.41	113.04
Casos dengue 2012	52	19.23	26.70	0	99
Casos dengue 2013	52	37.36	37.06	0	114

Tabla 1. Variables climatológicas y entomológicas de los años de estudio para Cuautla, Morelos.

La influencia del clima sobre los mosquitos Aedes spp.,

La correlación entre el IDO y temperatura promedio, humedad relativa y precipitación en el mismo periodo se observa en la tabla 2.

Parámetro	Coef	Error estándar	R ²	p	IC 95%
Temperatura promedio semanal	-1.532657	1.88194	0.0152	0.420	-5.32795 – 2.262636
Humedad relativa promedio semanal	0.9366654	.11171474	0.5979	0.000	0.7004151 – 1.173916
Precipitación promedio semanal	5.058836	1.043557	0.3534	0.000	2.954203 – 7.16337

Tabla 2. Resultados del modelo de regresión univariada entre el índice de densidad por ovitrampas y las variables ambientales

Los resultados de la regresión sugieren una correlación importante y estadísticamente significativa entre el índice de densidad de ovitrampas y las variables humedad promedio semanal ($R^2=0.60$, $p=0.000$) y en menor medida con la variable precipitación promedio semanal ($R^2 = 0.35$, $p = 0.000$).

En las figuras 4a, b, c. Para la temperatura promedio en °C en relación con el índice de densidad de ovitrampas se observan dos posibles patrones (a), se corrobora la correlación entre la humedad relativa promedio en % (b) y para la precipitación promedio una correlación menor (c).

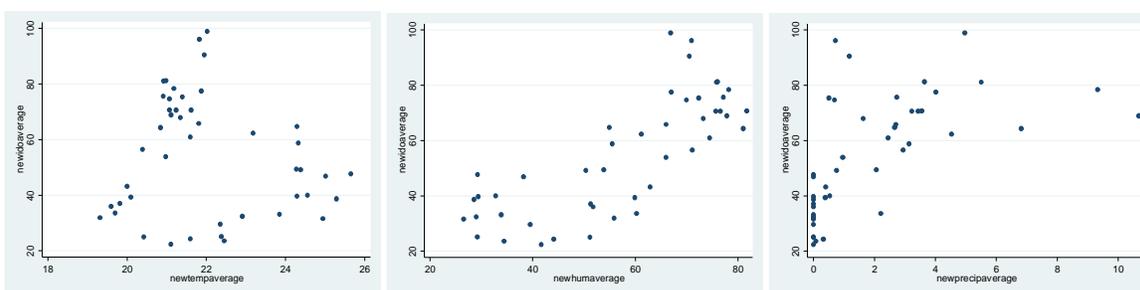


Figura 4a,b,c: dispersión de la regresión de la variable índice de densidad por ovitrampa versus temperatura, humedad y precipitación.

Modelos biológicos con variables en el tiempo

Debido a que se espera que la influencia de los factores ambientales no se traduzca en un efecto biológico sobre las densidades de huevos de manera inmediata, sino con un retraso a consecuencia del ciclo biológico del mosquito, en la tabla 3 mostramos los resultados de los cuatro modelos.

Modelo	Parámetro	Coef	Error estándar	R ²	p	IC 95%
1	Temperatura promedio semanal	-2.314987	1.816119	0.0364	0.2093	-5.977541 – 1.347567
	Humedad promedio semanal	0.9899541	0.1088951	0.6578	0.000	0.7703461 – 1.209562
	Precipitación promedio semanal	4.837535	1.069636	0.3323	0.000	2.680409 – 6.994661
2	Temperatura promedio semanal	-2.961583	1.742447	0.0630	0.0964	-6.475563 – 0.5523976
	Humedad relativa promedio semanal	1.053186	0.0974998	0.7307	0.000	0.8565584 – 1.249813
	Precipitación promedio semanal	4.719002	1.08188	0.3067	0.0001	2.537183 – 6.90082
3	Temperatura promedio semanal	-3.588256	1.698961	0.0940	0.0405	-7.014538 - -0.1619734
	Humedad relativa promedio semanal	1.094149	0.0978822	0.7673	0.000	0.9088505 – 1.279447
	Precipitación promedio semanal	4.679727	1.08504	0.3020	0.0001	2.491535 – 6.867919
4	Temperatura promedio semanal	-4.207609	1.651761	0.1311	0.0145	-7.538703 - -0.8765151
	Humedad relativa promedio semanal	1.113088	0.096746	0.7548	0.000	0.9179814 – 1.308195
	Precipitación promedio semanal	4.981269	1.053358	0.3268	0.000	2.856969 – 7.0105569

Tabla 3. Resultados del modelo de regresión univariada entre el índice de densidad por ovitrampas y las variables ambientales

En todos los modelos, la humedad relativa promedio presentó la mejor correlación en función del resto de las variables sobre el índice de densidad de ovitrampas; explicando más de 60% y siendo estadísticamente significativo; sin embargo el mejor modelo fue el tercero con $R^2=0.77$, $p=0.000$.

El modelo con mejor resultado en la regresión, cuando la humedad relativa es más constante con respecto al índice de densidad de ovitrampas con el desfase de 3 semanas, se observa en la figura 5 a, b, c.

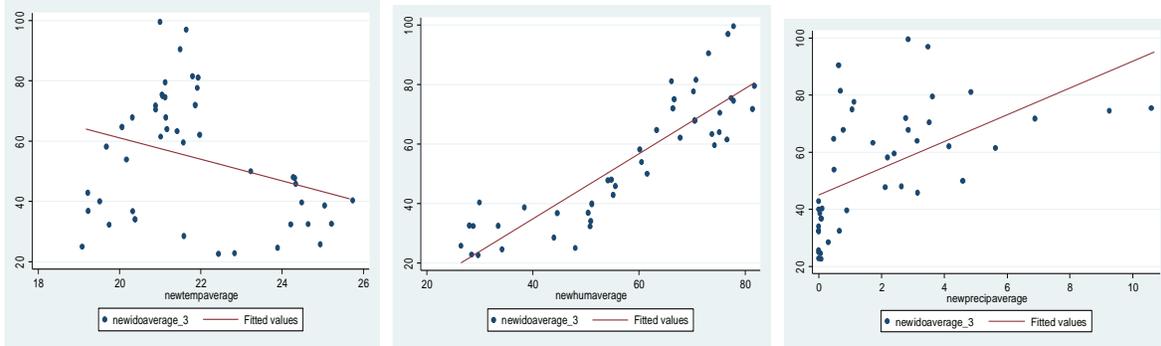


Figura 5 a, b, c: Regresión de la variable índice de densidad de ovitrampa versus temperatura, humedad y precipitación con desfase de 3 semanas en el periodo de estudio en la localidad de Cuautla, Morelos.

Transformación logarítmica

El comportamiento de los huevos de mosquitos, no presenta una distribución normal por lo que fue necesario realizar una transformación logarítmica. En la tabla 4, se confirma que los factores climatológicos destacando la humedad relativa promedio explican los índices de densidad de ovitrampas en la localidad de Cuautla, con un desfase de 3 semanas en el periodo de estudio.

Parámetros	Coef	Error estándar	R ²	p	IC 95%
Temperatura promedio semanal	-.0746854	.336581	.0954	0.0390	-.1395634 – .038074
Humedad relativa promedio semanal	.0223064	.0016406	.8113	0.000	.189978 – .0256149
Precipitación promedio semanal	.0962785	.0211526	.3251	0.000	.0536202 –.1389369

Tabla 4. Resultados del modelo de regresión univariada entre el índice de densidad por ovitrampas transformada logarítmicamente con desfase de 3 semanas y las variables ambientales.

En la figura 6, se observa un mejor ajuste en la regresión logística entre las variables ambientales y el índice de densidad de ovitrampas con desfase de 3 semanas transformada logarítmicamente.

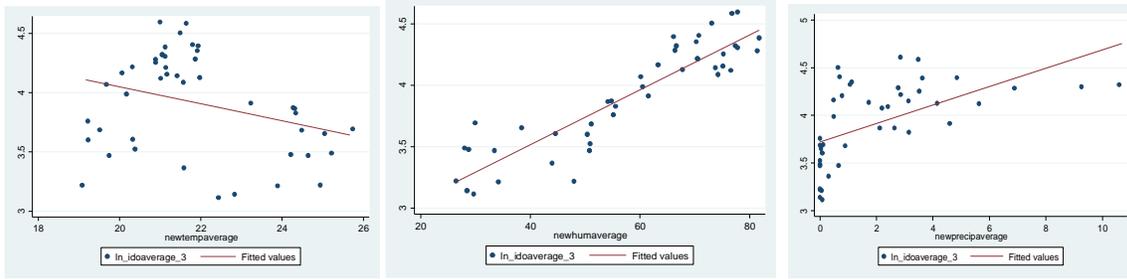


Figura 6. Diagramas de dispersión del índice de densidad por ovitrampas versus con transformación logarítmica y un desfase de 3 semanas.

Influencia de los rangos de temperatura

A partir de los rangos de temperatura promedio semanal para el periodo de estudio, obtuvimos una correlación estadísticamente significativa muy grande ($R^2=0.75$ $p=0.0000$) en relación a índice de densidad de ovitrampas transformado con un desfase de 3 semanas (tabla 4).

Parámetros	Coef	Error estándar	R ²	p	IC 95%
Rango de temperatura promedio semanal	-.195359	.0171213	0.7517	0.0000	-.2298875 – -.1608306
Humedad relativa promedio semanal	.0223064	.0016406	0.8113	0.000	.189978 – .0256149
Precipitación promedio semanal	.0962785	.0211526	0.3251	0.000	.0536202 – .1389369

Tabla 4. Resultados del modelo de regresión univariada entre el índice de densidad por ovitrampas transformada logarítmicamente con desfase de 3 semanas y las variables ambientales considerando el rango de temperatura promedio por semana para el periodo de estudio en la localidad de Cautla.

Regresión múltiple

Al realizar un modelo de regresión múltiple utilizando las tres variables se observó que con la transformación logarítmica de la variable del índice de densidad de ovitrampas obtiene una $R^2= 0.87$, mientras que sin esta la $R^2= 0.78$ (tabla 5).

Modelo sin transformación					
Parámetros	Coef	Error estándar	IC 95%	R²	p
Temperatura promedio semanal	1.388827	.1506499	1.084583 – 1.693071	0.7896	0.000
Humedad relativa promedio semanal	7.015848	1.187969	4.616695 – 9.415		
Precipitación semanal	-.3918135	.8585	-2.125589 – 1.341962		
Modelo con transformación logarítmica					
Parámetros	Coef	Error estándar	IC 95%	R²	p
Temperatura promedio semanal	.0285532	.0023521	.023803 – .0333034	0.8656	0.000
Humedad relativa promedio semanal	.683914	.0168651	.0343316 – .1024511		
Precipitación semanal	-.0242303	.0136133	-.0517229 – .0032622		

Tabla 5. Análisis multivariado de índice de densidad por ovitrampas semanal sin y con transformación logarítmica versus variables ambientales con desfase de 3 semanas.

Un segundo modelo de regresión múltiple utilizando las variables de rango de temperatura, humedad relativa y precipitación promedio por semana se observó que con la transformación logarítmica de la variable del índice de densidad de ovitrampas obtiene una $R^2 = 0.82$, mientras que sin esta la $R^2 = 0.78$ (tabla 6).

Modelo sin transformación					
Parámetros	Coef	Error estándar	IC 95%	R²	p
Rango de temperatura promedio semanal	-4.688143	2.670071	-10.08046 – .7041746	0.7843	0.000
Humedad relativa promedio semanal	.6955099	.2712201	.1477698 – 1.24325		
Precipitación semanal	-.9093261	.8836737	-2.693941 – .8752891		
Modelo con transformación logarítmica					
Parámetros	Coef	Error estándar	IC 95%	R²	p
Rango de temperatura promedio semanal	-.0501198	.0488308	-.1487355 – .0484959	0.8165	0.000
Humedad relativa promedio semanal	.0181812	.0049601	.0081641 – .0281984		
Precipitación semanal	-.0111527	.0161608	-.0437901 – .0214847		

Tabla 6. Análisis multivariado de índice de densidad por ovitrampas semanal sin y con transformación logarítmica versus rango de temperatura, humedad relativa y precipitación con desfase de 3 semanas en el periodo de estudio.

A partir variable transformada, estratificando el análisis de acuerdo a la temporada de secas o de lluvias, realizamos un modelo de regresión múltiple (tabla 7).

Parámetros	Coef	Error estándar	IC 95%	R ²	p
Temperatura promedio semanal en temporada de lluvias	.0151862	.0152919	-.0176117 – .0479841	0.4119	0.0533
Humedad semanal en temporada de lluvias	-.0246931	.1152121	-.2818015 – .2124093		
Precipitación promedio semanal en temporada de lluvias	-.0203671	.0158765	-.0544189 – .0136847		
Temperatura promedio semanal en temporada de secas	.0291804	.004882	.0190812 – .0392796	0.8117	0.000
Humedad semanal en temporada de secas	.0718617	.024237	.0216936 – .1219698		
Precipitación promedio semanal en temporada de secas	-.023302	.053077	-.7624682 – 2.178362		

Tabla 7. Análisis multivariado de índice de densidad por ovitrampas semanal en escala logarítmica versus variables ambientales con desfase de 3 semanas en temporada de secas y de lluvias

El modelo que mejor explica la variabilidad es el que considera la temporada de secas. ($R^2 = 0.81$, $p = 0.000$), estadísticamente significativo.

Distribución de Aedes spp.,

Durante el periodo de estudio, de los 1,853,005 huevos recolectados, en el 78% de las larvas fueron eclosionadas en el insectario del Centro Regional de Control de Vectores de Oaxtepec de Servicios de Salud de Morelos para un total de 1,445,344. De estas 867,206 fueron *Aedes aegypti* (60%), 433,603 (30%) *Aedes albopictus* y 144,534 (10%) *Aedes epactius*.

La especie de *Aedes albopictus*, se identificó principalmetne en la región norte y sur de la localidad.

La distribución de la presencia de *Aedes alopictus* es consistente con lo reportado por villegas et al³¹., y los huevos de esta especie fueron obtenidos en la región noroeste y suroeste de la localidad de Cuautla.

Discusión

Una de las metas más importantes de la epidemiología es estudiar los factores que gobiernan el comportamiento de las enfermedades con el fin de generar información que permita tener una capacidad predictiva sobre la ocurrencia de eventos de interés. En el caso del dengue se sabe que las densidades de mosquitos son uno de los factores que permiten cuantificar el riesgo de que aparezcan brotes, prueba de ello es la utilización de indicadores como el índice de Breteau entre otros. No obstante, es también importante entender los factores que predisponen la proliferación de los mosquitos con el fin de ganar tiempo para la aplicación de medidas preventivas.

El monitoreo semanal de las ovitrampas es una de las herramientas empleadas en la vigilancia entomológica por su sensibilidad al ser una aproximación indirecta de las densidades del vector, evidenciando las áreas de riesgo entomológico en el estado de Morelos.^{44, 45} Y por otro lado, generan evidencia sólida sobre la distribución y dispersión de las poblaciones de mosquitos del género *Aedes*. Como lo reportamos en nuestros resultados que muestran la amplia distribución en la localidad de Cuautla, lo cual podría explicar la ocurrencia de los casos de dengue.

Asimismo, nuestros resultados son consistentes con los hallazgos del estudio de distribución de las especies *Aedes aegypti* y *Aedes albopictus*³¹ generados por el Centro Regional de Control de vectores Oaxtepec de servicios de salud de Morelos (datos no publicados). Estos datos muestran la importancia para el desarrollo de futuros estudios de comportamiento y adaptación del *Aedes albopictus* en ambientes urbanos.

Estudios previos han asociado la temperatura, tanto su valor medio, como el rango de la misma con las densidades de mosquitos. En el nuestro, estas variables, aunque tuvieron una asociación estadísticamente significativa, no tuvieron el impacto en la densidad de mosquitos que se ha observado en la literatura, no obstante, otras variables como la humedad y la precipitación si tuvieron un impacto de mayor magnitud. Una explicación de esto puede deberse en que, a diferencia de las regiones estudiadas en la literatura, la temperatura en la localidad de Cuautla fue sumamente estable en el periodo de estudio, por lo que se registraron pocas variaciones y por ende, su efecto fue menor. Por el contrario, las variables de humedad

y precipitación tuvieron una mayor variación y fueron las que registraron una mayor asociación con la proliferación de huevos.

Al analizar esta asociación con diferentes desfases, el índice de densidad de ovitrampas fue significativamente influenciado por la humedad relativa promedio semanal ($p < 0.05$) con un desfase de tres semanas, hallazgos consistentes con lo reportado por Ducombe *et al.*,⁴⁶ lo cual significa que en esta región, los incrementos en la humedad pueden predecir con hasta tres semanas de anticipación el incremento en la proliferación de huevos de mosquitos *Aedes spp.*

Otro resultado importante de este estudio, es la estacionalidad observada de la presencia de los vectores en la temporada de secas para la localidad de Cuautla, en la cual ocurre principalmente durante periodos de humedad promedio constante. Sin embargo, la asociación con la precipitación reportada en otros estudios fue muy baja y esto se puede deber a la cantidad de lluvia reportada en el periodo de estudio.

Nuestros resultados apoyan uno de los puntos importantes planteados por Lambrechts *et al.*,²⁶. Al decir que no siempre es apropiado asumir en estudios experimentales que una temperatura media constante es adecuada para representar el impacto de las fluctuaciones de temperatura en las interacciones de mosquitos – virus en condiciones naturales.²³

El presente trabajo cuenta con las siguientes limitantes. La más importante es que el seguimiento fue solamente de dos años. Aunque los datos obtenidos muestran que las variables ambientales son sumamente estables y con poca variabilidad inter e intra anual; la falta de una estación de monitoreo atmosférico en la localidad de Cuautla generó la necesidad de extrapolar la información climatológica de otra estación cercana.

Otra limitante importante es la distribución de las ovitrampas en el área geográfica de estudio. Esta distribución no es totalmente homogénea, sino que sigue una metodología que considera como unidad de estudio a las manzanas, sin incluir a todas las colonias de la localidad. Consideramos que una distribución basada en áreas de dimensiones similares podría mejorar la calidad del muestreo.

En Morelos, existen una serie de factores de infraestructura como: la cantidad de recursos humanos, vehículos asignados, entre otros, que influyen en la cantidad y en la distribución de ovitrampas a colocar dentro del universo de trabajo. La estrategia se basa en vigilar una manzana de cada 4 a 6 existentes con cobertura limitada y una concentración fija por unidad de muestreo i.e., *4 ovitrampas por manzana centinela*. No obstante, esta distribución no es homogénea en relación a su tamaño o al número de habitantes, lo que dificulta el análisis y la comparación del riesgo entre las diferentes comunidades.

Por otro lado, el índice de riesgo para el área de trabajo que se genera en la plataforma de vigilancia entomológica y control integral del vector (PVECIV), se construye con la información de los casos probables y, la lectura de ovitrampas (número de huevos) por manzana. Sin embargo, dado que este estudio se trata de un análisis retrospectivo, se evaluó la relación entre los factores climatológicos, con las densidades de huevos de mosquitos reportados en los años 2012 y 2013 en la localidad urbana de Cuautla.

Se sugiere continuar con esta línea de sistemas de alerta temprana eficaces en estas vertientes: interacción de las densidades del vector con los factores ambientales, cobertura de vegetación, microclima y sociales tales como: características físicas de la vivienda: agua y saneamiento, diversidad de criaderos, presencia de mosquiteros; considerando la unidad de análisis (i.e. localidad, ciudad, entre otros).

Conclusiones:

Estos resultados serán de utilidad para el establecimiento de algoritmos de sistemas de alerta temprana para la aparición de brotes de enfermedades transmitidas por mosquitos del género *Aedes*.

Agradecimientos: Los autores agradecen a Servicios de Salud de Morelos, por las facilidades otorgadas para la obtención de las bases de datos, al personal de entomología de la JSIII así como al personal del Centro Regional de Control de Vectores de Oaxtepec por la realización de las encuestas entomológicas y finalmente Comisión Nacional del Agua delegación Morelos por las facilidades para la obtención de bases de datos.

Consideraciones éticas: Este estudio aprobado por los Comités de ética en investigación (CEI) y de Investigación del Instituto Nacional de Salud Pública.

Los autores manifiestan no tener con conflicto de intereses con respecto a la investigación, coautoría o publicación de este artículo.

Referencias

1. World Health Organization. Dengue Guidelines for diagnosis treatment, prevention and control. Geneva 2009
2. Simmons C, Farrar J, Vinh N, Wills B. Current concepts dengue. *New England journal of medicine*. 2012;366:1423-1432.
3. Halstead S. Dengue. *Lancet* 2007; 20: 1644-1652.
4. Wilder-Smith A, Gluber D. Geographic expansion of Dengue: the impact of international travel. *Medical Clinics of North America*. 2008;92:1377-1390.
5. Bhatt S, Gething P, Brady O, Messina J, Farlow A, Moyes C, *et al.* The global distribution and burden of dengue. *Nature*. 2013; 496: 504–507. doi: 10.1038/nature12060. pmid:23563266
6. World Health Organization. Global strategy for dengue prevention and control 2012-2020. Ginebra, 2012.
7. Da Rocha M, Marques J, dos Santos M, dos Santos A, Neves V, Nunes S, Lorenzo Ca *et al.*, dengue outbreaks in Divinópolis, south-eastern Brazil and the geographic and climatic distribution on *Aedes albopictus* and *Aedes aegypti* in 2011-2012. *Topical medicine and international Health*. 2015; 20:77-88.
8. Padmanabha H, Correa F, Legros M, Nijhout H, Lord C and Lounibos L. An eco-physiological model of the impact of temperature on *Aedes aegypti* life history traits.

Journal of insect physiology 2012; 58:1597-1608. doi: 10.1016/j.jinsphys.2012.09.015.

9. Eastin M, Delmelle E, Casas I, Wexler J and Self C. Intra- and interseasonal autoregressive prediction of dengue outbreaks using local weather and regional climate for a tropical environment in Colombia. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 2014;91:598-610. doi: 10.4269/ajtmh.13-0303.
10. Rowley WA, Graham CL, 1968. The effect of temperature and relative humidity on the flight performance of female *Aedes aegypti*. *J Insect Physiol* 14: 1251–1257.
11. Martens WJM, Jetten TH, Focks DA, 1997. Sensitivity of malaria, schistosomiasis, and dengue to global warming. *Clim Change* 35: 145–156.
12. Chadee DD, Shivnauth B, Rawlins SC, Chen AA, 2007. Climate, mosquito indices and the epidemiology of dengue fever in Trinidad (2002–2004). *Ann Trop Med Parasitol* 101: 69–77.
13. Yang HM, Marcoris MLG, Galvani KC, Andrighetti MTM, Wanderley DMV, 2009. Assessing the effects of temperature on the population of *Aedes aegypti* – the vector of dengue. *Epidemiol Infect* 137: 1188–1202.
14. Azil AH, Long SA, Ritchie SA, Williams CR, 2010. The development of predictive tools for pre-emptive dengue vector control: a study of *Aedes aegypti* abundance and meteorological variables in North Queensland, Australia. *Trop Med Int Health* 15: 1190–1197.
15. Ellis AM, Garcia AJ, Focks DA, Morrison AC, Scott TW, 2011. Parameterization and sensitivity analysis of a complex simulation model for mosquito population dynamics, dengue transmission, and their control. *Am J Trop Med Hyg* 85: 257–264.
16. Reed W, Carroll J, Agramonte A, 2001. Experimental yellow fever. *Mil Med* 166: 55–60.
17. Parker AH, 1952. The effect of a difference in temperature and humidity on certain reactions of female *Aedes aegypti*. *Bull Entomol Res* 43: 221–229.
18. Patz JA, Martens WJM, Focks DA, Jetten TH, 1998. Dengue fever epidemic potential as projected by general circulation models of global climate change. *Environ Health Perspect* 106: 147–153.

19. Fouque F, Carinci R, Gaborit P, Issaly J, Bicout DJ, Sabatier P, 2006. *Aedes aegypti* survival and dengue transmission patterns in French Guiana. *J Vector Ecol* 31: 390–399.
20. Hii YL, Rocklov J, Ng N, Tang CS, Pang FY, Sauerborn R, 2009. Climate variability and increase in intensity and magnitude of dengue incidence in Singapore. *Global Health Action* 2009: 2.
21. Moore CG, Cline BL, Ruiz-Tiben E, Lee D, Romney-Joseph H, Rivera-Correa E, 1978. *Aedes aegypti* in Puerto Rico: environmental determinants of larval abundance and relation to dengue virus transmission. *Am J Trop Med Hyg* 27: 1225–1231.
22. Scott TW, Morrison AC, Lorenz LH, Clark GG, Strickman D, Kittayapong P, Zhou H, Edman JD, 2000. Longitudinal studies of *Aedes aegypti* in Thailand and Puerto Rico: population dynamics. *J Med Entomol* 37: 77–88
23. Carrington L, Seifert S, Armijos V, Lambrechts L and Scott T. Reduction of *Aedes aegypti* vector competence for Dengue virus under larger temperature fluctuations. *Am J Trop. Med. Hyg.* 2013,88;689:69
24. Watts DM, Burke DS, Harrison BA, Whitmire RE, Nisalak A, 1987. Effect of temperature on the vector efficiency of *Aedes aegypti* for dengue 2 virus. *Am J Trop Med Hyg* 36: 143–152.
25. Rohani A, Wong YC, Zamre I, Lee HL, Zurainee MN, 2009. The effect of extrinsic incubation temperature on development of dengue serotype 2 and 4 viruses in *Aedes aegypti* (L.). *Southeast Asian J Trop Med Public Health* 40: 942–950.
26. Lambrechts L, Paaijmans KP, Fansiri T, Carrington LB, Kramer LD, Thomas MB, Scott TW, 2011. Impact of daily temperature fluctuations on dengue viral transmission by *Aedes aegypti*. *Proc Natl Acad Sci USA* 108: 7460–7465.
27. Secretaría de salud. Subsecretaría de prevención y promoción de la salud. Dirección general de epidemiología. Perfil epidemiológico del Dengue. México, 2012.
28. San Martin J, Brathwaite O, Zambrano B, Solórzano J, Bouckennooghe A, et al., The epidemiology of dengue in the Americas over the last three decades: a worrisome reality. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 2010;82:128-135.
29. Grisales N, Poupardin R, Gomez S, Fonseca-Gozalet I, Ranson H, Lenhart A. Temephos Resistance in *Aedes aegypti* in Colombia. *PLOS Neglected Tropical*

- Diseases. 2013;7(9):1-10. Available:
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3777894/>).
30. Servicios de Salud de Morelos. Dirección de Servicios de Salud a la Comunidad. Departamento de Epidemiología. Coordinación de Enfermedades Transmitidas por Vector. Programa dengue. Morelos, 2013.
 31. Villegas-Trejo A, Manrique-Saide P, Che-Mendoza A, Cruz-Canto W, González-Fernández M, González-Acosta C, et al. First report of *Aedes albopictus* and other mosquito species in Morelos, México. *Journal of the American mosquito control association* 2010;26(3):321-323.
 32. Christophers S. *Aedes aegypti* (L.) the yellow fever Mosquito. Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom. 1960.
 33. Tun-Lin W, Kay B, Barnes A. Understanding productivity, a key to *Aedes aegypti* surveillance. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*. 2005;53:595-601.
 34. Walker KR, Joy TK, Kirk C, Ramberg F. Human and environmental factors affecting *Aedes aegypti* distribution in an arid urban environment. *Journal of the American mosquito control association*. 2011; 27(2): 135-141.
 35. World Health Organization. Global strategy for dengue prevention and control 2012-2020. Ginebra, 2012.
 36. Diario Oficial de la Federación. Norma oficial mexicana NOM-032-SSA2-2014, para la vigilancia epidemiológica, prevención y control de las enfermedades transmitidas por vector. México, 2014
 37. Panorama sociodemográfico de Morelos / Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México, 2011. ISBN978-607-494-201-1.
 38. Instituto nacional de estadística y geografía. Censo nacional de población y vivienda. México, 2010.
 39. Municipio de Cuautla, turismo e historia de Cuautla Morelos. México clásico.com2009. www.estadodemorelosmunicipiodecuautla.mexicoclasico.com consultado el 01 de febrero de 2013.
 40. Instituto nacional de estadística y geografía. Carta urbana. México, 2009.
 41. García E. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koeppen. México: Universidad Nacional Autónoma de México, 1987:246

42. Secretaría de salud. Centro Nacional de Prevención y Control de Enfermedades. Plataforma de vigilancia entomológica y control integral del vector. México, 2008
43. Hernández-Ávila J, Rodríguez M, Santos Luna R, Sánchez Castañeda V, Roman-Pérez S, Ríos Salgado Víctor, Salas-Sarmiento J. 2013 National-wide, web-based geographic information system for the integrated surveillance and control of dengue fever in Mexico. PloS ONE 8(8): e70231. Doi:10.1371/journal.pone.0070231.
44. Secretaría de salud. Subsecretaría de prevención y promoción de la salud, Centro nacional de programas preventivos y control de enfermedades, Dirección general adjunta de programas preventivos, Dirección del programa de enfermedades transmitidas por vectores. Guía operativa para la vigilancia entomológica con ovitrampas. México, 2013.
45. Regis L, Monteiro AM, Varjal de Melo-Santos M, Silveira JC, Freire-A, Veiga R, et al. Developing new approaches for detecting and preventing *Aedes aegypti* population outbreaks: basis for surveillance, alert and control systems. Mem Inst Oswaldo Cruz 2008; 103(1): 50-59.
46. Duncombe J, Clements A, Davis J, Hu W, Weinstein P and Ritchie S. Spatiotemporal patterns of *Aedes aegypti* populations in Cairns, Australia: assessing drivers of dengue transmission. Tropical Medicine and International Health. 2013;18:839-849. doi:10.1111/tmi.12115

Distribución espacial de casos de Dengue y su relación con indicadores entomológicos y sociodemográficos en Cuautla, Morelos, México.

Resumen

Introducción: el dengue es una infección viral aguda transmitida por mosquitos. Morelos, desde 1995 ha reportado la circulación de los cuatro serotipos. *Aedes aegypti* y *Aedes albopictus* son los principales mosquitos responsables de la transmisión del virus Dengue y otras arbovirosis. Su abundancia y distribución espacio-temporal, se debe a la dependencia predominante del medio ambiente y del clima local, directamente relacionado con su adaptación progresiva a los cambios antropogénicos. **Objetivo:** identificar los factores entomológicos y sociodemográficos que se asocian con la transmisión de dengue a nivel de manzana. **Métodos:** estudio ecológico con análisis retrospectivo de los casos confirmados de FD/FHD, huevos de mosquitos, índice de densidad de ovitrampas, población total, viviendas totales, viviendas particulares habitadas con agua entubada, viviendas particulares habitadas sin drenaje e índice de marginación a nivel de manzana de la localidad urbana de Cuautla para el periodo 2012-2013. Se emplearon un modelo de regresión de Poisson, y otro binomial negativa, con el criterio AIC. **Resultados:** 14.6% de los casos de FD/FHD se ubicaron en manzanas con vigilancia entomológica con ovitrampas. El modelo de regresión binomial negativa presentó mejor ajuste (AIC=775.1867). Por cada incremento en el número de huevos totales en cada manzana, se espera un incremento de 0.3% en los casos de FD/FHD, por cada incremento en el número de viviendas particulares habitadas con agua entubada en la manzana disminuye 0.9% los casos de FD/FHD; por cada incremento en el número de las viviendas particulares habitadas sin drenaje en las manzanas se espera un incremento de 5.9% de los casos de FD/FHD; por cada incremento en el número de las viviendas totales en las manzanas, se espera un incremento de 1.0% en los casos de FD/FHD, por cada incremento en el índice de marginación en cada manzana, se espera un incremento de 23.9% de los casos de FD/FHD. 19% de casos registrados se produjeron en 110 manzanas repetidoras con índice de marginación alto. **Conclusiones:** el dengue no se transmite de manera homogénea, ni afecta por igual a las poblaciones. La identificación de las manzanas repetidoras de casos en el periodo de estudio, que actúan como focos calientes, resulta de gran utilidad para el programa de control y prevención con el fin de fortalecer la estrategia de manejo integrado del vector propuesta por la OMS/OPS y los lineamientos federales.

Palabras Clave: dengue, ovitrampas, distribución espacial, marginación.

Introducción

El dengue es una infección viral aguda transmitida por mosquitos ¹. La infección puede ser causada por uno de los cuatro virus (DENV-1, 2, 3 y 4) pertenecientes a la familia *Flaviviridae* del género *Flavivirus*²

En la actualidad el dengue está considerado como una de las enfermedades por arbovirus más sobresalientes a nivel internacional debido a su carga de enfermedad y a la magnitud de su afectación socioeconómica en muchas regiones tropicales y subtropicales del mundo.^{1,2}

En las Américas, para el periodo 2000 al 2007, se reportaron 4, 759,007 (71.5/100,000) casos de los cuales 111,724 (1.7/100,000) fueron de FHD.³ En 2015 solamente, se reportaron en el continente 2.3 millones de casos probables, de los cuales se confirmaron 561,501. Los casos graves fueron 10,276, los cuales causaron 1,181 defunciones.⁴ La amplia presencia de serotipos circulantes favorece este panorama epidemiológico del dengue, cuyos antecedentes regionales datan de la década de 1980³.

En México, el número de casos de dengue ha mostrado fluctuaciones cíclicas en los últimos 30 años, alcanzando picos por arriba de los 50,000 casos seguidos por disminuciones marcadas.⁵ En el contexto regional, los brotes aparecen de manera explosiva y luego desaparecen durante 3 a 5 años, antes de reaparecer en la misma zona geográfica.³

Hasta 2005 el estado de Morelos se consideraba como zona de bajo riesgo de transmisión, comparada con otras regiones del país. Sin embargo; para 2006, 2008 y 2012 los brotes de dengue se reflejaron en tasas de incidencia que iban desde 147 a 181 para fiebre por dengue (FD) y de 25 a 127 por 100,000 hab. de fiebre hemorrágica por dengue (FHD).^{5, 6} Desde 1995 se han reportado los cuatro serotipos del virus dengue⁶; sin embargo, el panorama para los próximos años tiende a ser de más riesgo debido a la co-circulación de serotipos, la introducción de nuevos virus como virus Chikungunya y Zika.

El objetivo de este estudio identificar los factores entomológicos y sociodemográficos que se asocian con la transmisión de dengue a nivel de manzana en una localidad (Cuautla, Morelos) a nivel de manzana.

Mosquitos vectores

Los mosquitos responsables de la transmisión del virus Dengue son: *Aedes aegypti* (Linnaeus) y *Aedes albopictus* (Skuse),⁷ también considerados como los vectores más importantes para otras arbovirosis como las causadas por los virus Zika y Chikungunya. Estas

especies de mosquitos poseen alta capacidad de dispersión y potencial de adaptación y, por ello están ampliamente distribuidas en regiones tropicales y subtropicales, en zonas urbanas, suburbanas y rurales.

La abundancia y distribución espacio temporal de los mosquitos *Aedes spp.*, se debe a su dependencia predominante del medio ambiente y del clima local,⁷ lo cual está directamente relacionado con su adaptación progresiva a los cambios antropogénicos, es decir al ambiente construido por las poblaciones humanas^{8,9}. Estos cambios sociales han proporcionado fuentes de alimentación en abundancia (i.e., sangre de humanos y animales domésticos⁸) y una mayor diversidad de recipientes para acumular agua que finalmente sirve de hábitat de las larvas. Estos factores afectan el metabolismo de los mosquitos e inciden en la ovipostura, incrementan la longevidad de las hembras y la ingesta de sangre para la supervivencia de la progenie.^{7,8}

Aunque existe una vacuna con licencia¹⁰ la cual es recomendada por la Organización Mundial de la Salud (OMS) para su uso en áreas endémicas¹¹, la vacuna todavía no está disponible en México. Por lo tanto, una de las estrategias para el control del dengue consiste en reducir los niveles de infestación de mosquitos *Aedes spp.* Las estrategias indirectas son el fortalecimiento de los servicios básicos de saneamiento, recolección de basura y suministro adecuado de agua.¹² Las actividades de educación y promoción sanitaria pueden incentivar a la comunidad a eliminar los criaderos de mosquitos.

Programa de prevención y control

En las últimas décadas, se han implementado técnicas de geo-procesamiento, mapeo digital, análisis espacial en temas de salud pública con el fin de visualizar la distribución espacio-temporal de los patrones epidemiológicos.^{14, 15} A partir de éstas, múltiples estudios han desarrollado modelos para predecir el riesgo de dengue¹⁶ e infestación territorial de *Aedes aegypti*^{8,17} considerando los factores bióticos y abióticos locales.^{12, 18}

Desde el 2009, a nivel nacional, el programa de dengue, cuenta con dos sistemas de registro y captura en línea para la vigilancia epidemiológica y entomológica, a través de las cuales se facilita la sistematización de la información, registro y georreferenciación de casos probables, confirmados y descartados así como los datos entomológicos recolectados en campo para la construcción de indicadores sobre la presencia de inmaduros de mosquitos *Aedes spp.*^{12,13} y el monitoreo de las acciones de control.¹⁴

La vigilancia entomológica con ovitrampas (VEO), es una actividad rutinaria realizada por el personal operativo en el estado de Morelos,⁶ y determina los cambios en la densidad y distribución geográfica y espacial de los vectores *Aedes aegypti* y *Aedes albopictus*^{19, 20} en la etapas de huevo, con el objeto de facilitar las decisiones apropiadas y oportunas en relación con las intervenciones de control. Sin embargo, se han identificado una serie de variables que no se han estudiado todavía para explicar la transmisión de dengue en una localidad.

Métodos

Realizamos un estudio ecológico, con análisis retrospectivo de los casos confirmados de FD/FHD, huevos de mosquitos *Aedes* y variables sociodemográficas observados en la Ciudad de Cuautla (Figura 1).

Zona de estudio. Cuautla, está ubicada en las coordenadas N18°48'44'', O98°57'21'' a una altitud de 1,300 msnm. Cuenta con 154,358 habitantes, lo que la convierte en la 3ª localidad más poblada del estado de Morelos. Se ubican un total de 46,480 viviendas particulares habitadas con un promedio de 3.8 ocupantes. De estas viviendas, 5.5% tienen piso de tierra, 59.5% agua entubada, 98.1% poseen drenaje y 99.2% electricidad. El 55.9% de la población corresponde al grupo etario de 12 años y más; de los cuales el 96.4% tienen alguna ocupación de acuerdo al censo del INEGI 2010.²¹

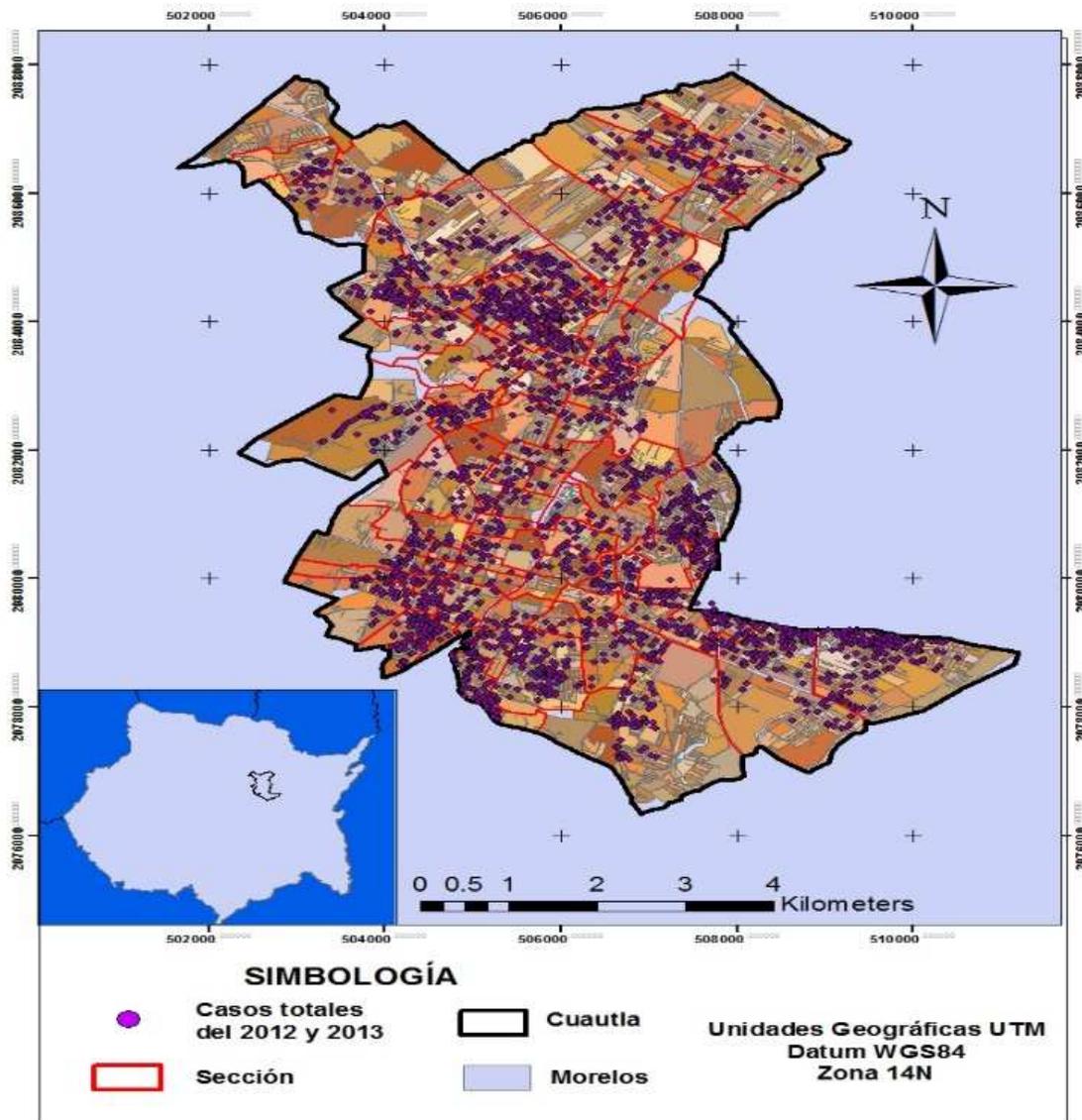


Figura 1. Mapa de la localidad de Cuautla del estado de Morelos.

El clima es de tipo Aw''0(w) (i') g, cálido subhúmedo, que se caracteriza por dos estaciones: una seca, de noviembre a mayo, y otra de lluvias, de junio a octubre. La temperatura y precipitación pluvial en la estación seca es de 22°C y 2.6mm, mientras que

en la de lluvias la temperatura promedio es de 22.8°C con una precipitación de 40.3mm.^{22,23}. Corresponde a la jurisdicción sanitaria No. III del estado y forma parte de las localidades consideradas de alto riesgo de transmisión de dengue con antecedentes de circulación de los

cuatro serotipos del virus Dengue, con mayor presencia del DENV-1 en los últimos ocho años.⁶

Base de datos. Para la integración de las variables empleadas procedentes de diversas fuentes de información; realizamos la integración de la cartografía del INEGI e Instituto Nacional Electoral (INE), con el fin de empatar las claves de las manzanas, usando el software ArcGis10.1.

Variable epidemiológica: todos los casos (n= 2,897) confirmados por el laboratorio de FD/FHD para la localidad de Cuautla en el periodo 2012-2013, reportados en la plataforma del Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica (SINAVE) y con dirección completa. La ubicación espacial de cada uno de los casos fue verificada espacialmente a nivel de manzana.

Variables entomológicas: se calculó la media de los huevos de mosquitos del género *Aedes spp.* por manzana a partir de las 932 ovitrampas monitoreadas y distribuidas en 233 manzanas, reportadas en la vigilancia entomológica (VEO) de la plataforma de vigilancia entomológica y de control integral del vector (PVECIV).^{14, 24} Las manzanas, contaban con un total de 4 ovitrampas seleccionadas por equidistancia y de acuerdo a la orografía del lugar.^{25, 26}

Índice de densidad de ovitrampas (IDO), se calculó por semana epidemiológica del periodo de este estudio como sigue:

Las manzanas con VEO, fueron georreferenciadas en su centroide.

Variables Sociodemográficas: a partir del censo de población y vivienda 2010²⁰ generado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) se obtuvo la información a nivel de manzana de población total, viviendas totales, viviendas particulares habitadas con agua entubada, viviendas particulares habitadas sin drenaje de la localidad de Cuautla.

El índice de marginación urbana (IMU), es un indicador que el Consejo Nacional de Población (CONAPO)²⁷ estima con información del censo de INEGI,²¹ a nivel de área geostadística básica (AGEB) a partir de cuatro dimensiones: educación, salud, vivienda y bienes y diez indicadores socioeconómicos. A las manzanas de la localidad se les asignó el IMU que fue calculado para la AGEB a la que pertenecían.

Análisis estadístico. Empleamos un modelo de regresión de Poisson (PR) y un modelo de regresión binomial negativa (NBR), y para compararlos utilizamos el criterio de información de Akaike (AIC). Los análisis los realizamos con el software Stata 13.0, USA a partir de la variable de respuesta: número de casos de FD/FHD confirmados, y variables explicatorias: población total, huevos totales, índice de densidad de ovitrampas, viviendas totales, viviendas particulares habitadas con agua entubada, viviendas particulares habitadas sin drenaje e índice de marginación urbana, considerando para el universo: manzanas con VEO de la localidad de Cuautla, y la variable de respuesta: número de casos de FD/FHD confirmados, y variables explicatorias: población total, viviendas totales, viviendas particulares habitadas con agua entubada, viviendas particulares habitadas sin drenaje e índice de marginación urbana considerando para el universo total de manzanas de la localidad; a un nivel de confianza del 5%.

Resultados

Cuautla tiene 2,191 manzanas. Los casos de FD/FHD se ubicaron en 1,097 manzanas (50.1%) de las cuales únicamente 160 (14.6%) estaban bajo vigilancia entomológica con ovitrampas (VEO). El 85.4% de los casos ocurrió en manzanas sin VEO (Figura 2).

La media de habitantes por manzana fue de 70.99 ± 79.8 hab. Concentrando el 69.92% con 93 o menos habitantes por manzana. La media de viviendas particulares habitadas por manzana fue de 23.86 ± 25.8 , y 70.1% tenían de 1 a 29 viviendas. La media de viviendas con agua entubada por manzana fue de 17.52 ± 20.1 y 23.87% tenían de 13 a 24 viviendas con agua. En cuanto a las viviendas con drenaje, el 98.63 % cuenta con dicho servicio. Y para el índice de marginación, 0.27% de las manzanas se ubicaron en un nivel muy bajo, 47.51% del grueso de las manzanas presentaron un nivel medio.

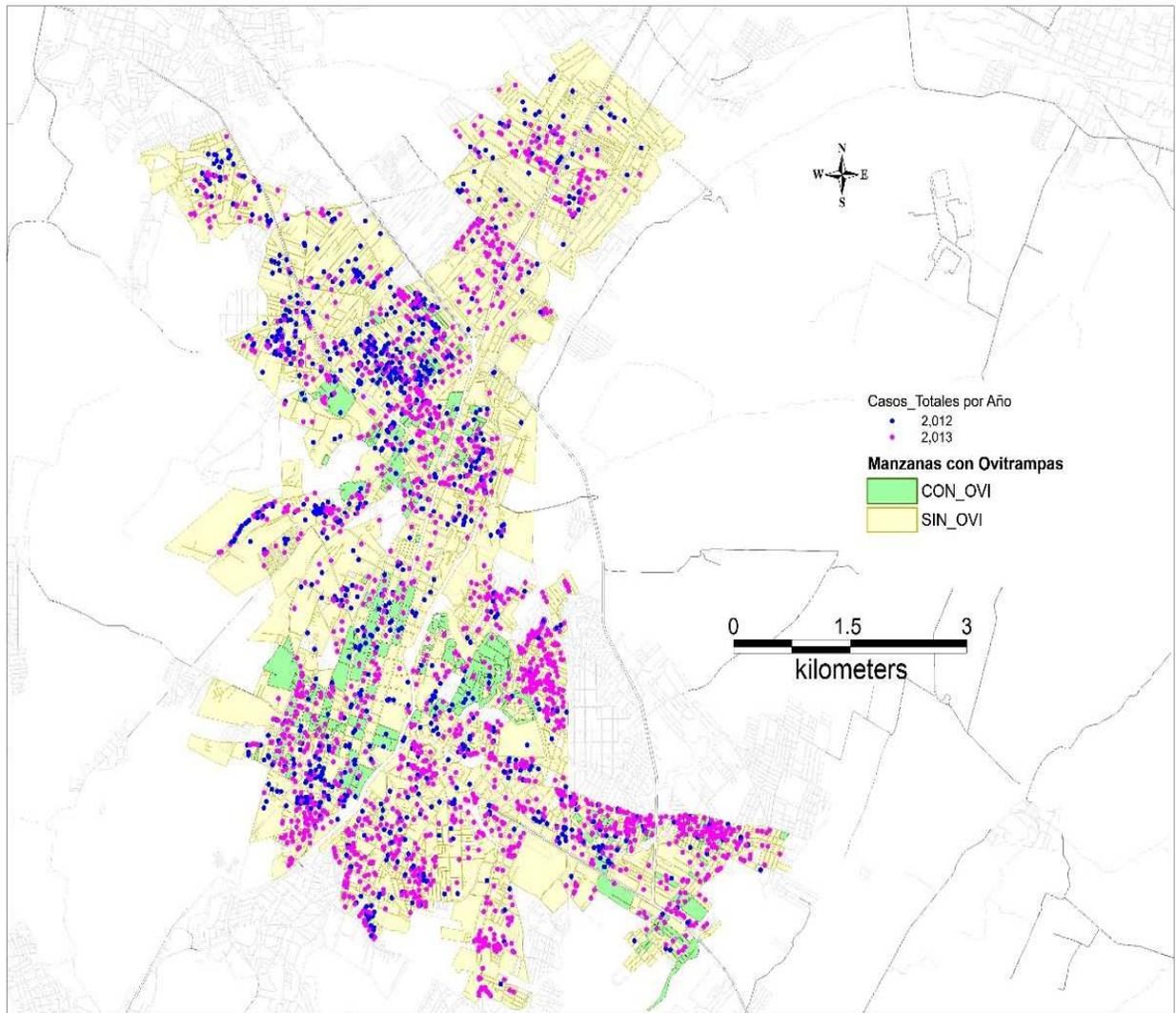


Figura 2. Distribución de las manzanas de la localidad de Cuautla con los casos FD/FHD del periodo de estudio.

La media de casos de FD/FHD fue 1.29 ± 2.12 casos por manzana, y observamos un máximo de 28 casos en una sola manzana (Cuadro 1).

En las 233 manzanas con vigilancia entomológica con ovitrampas (VEO), observamos que en 68% presentaron al menos un caso de FD/FHD; las otras (31.33%) no reportaron casos.

Variable	\bar{x}	S	Min	Max	Variable	\bar{x}	S	Min	Max
	n		%			n		%	
Casos de FD/FHD	1.29	2.12	0	28	Agua	17.52	20.1	0	285
0	1,100		50.21		0	328		14.94	
1 - 5	998		45.54		1 - 5	265		12.09	
6 - 10	75		3.42		6 - 12	550		25.1	
11 - 20	16		0.74		13 - 24	523		23.87	
21 - 28	2		0.1		25 - 40	323		14.74	
Población	70.99	79.8	0	1102	Drenaje	0.07	0.74	0.00	18.00
0	105		4.79		0	2161		98.63	
1 - 93	1,532		69.92		1 - 5	22		1.01	
94 - 139	278		12.67		6 - 18	8		0.39	
140 - 222	183		8.46						
223 - 849	92		4.43						
850 - 1102	1		0.05		Marginación	2.36	0.81	1	5
Viviendas	23.86	25.8	0	355	Bajo	230		10.5	
0	81		3.7		Muy bajo	69		3.15	
1 - 29	1536		70.1		Medio	1041		47.51	
30 - 44	283		12.92		Alto	780		35.6	
45 - 73	195		8.91		Muy alto	6		0.27	
74 - 355	96		4.54		Sin dato	65		2.97	

Cuadro 1. Distribución de casos y dotación de servicios públicos en las manzanas de la localidad de Cuautla, Morelos – México, INEGI 2010 y SINAVE 2012-2013.

La media de huevos de mosquitos recolectados por semana por manzana fue de 75 ± 45 huevos. El índice de densidad de ovitrampas (IDO) la media fue de 34 ± 16 .

La figura 3 ilustra el comportamiento temporal de las variables entomológicas (huevos totales, índice de densidad de ovitrampas) y el número total de casos de FD/FHD a nivel de manzana y por semana epidemiológica (SE).

El periodo de mayor transmisión en el área de estudio de la localidad de Cuautla inicia en la semana epidemiológica (SE) 40 lo que corresponde a temporada de lluvias; sin embargo, la mayor abundancia de mosquitos se da principalmente entre la SE 26 y 42 (lluvias), con un total de 136 huevos y un IDO de 55.

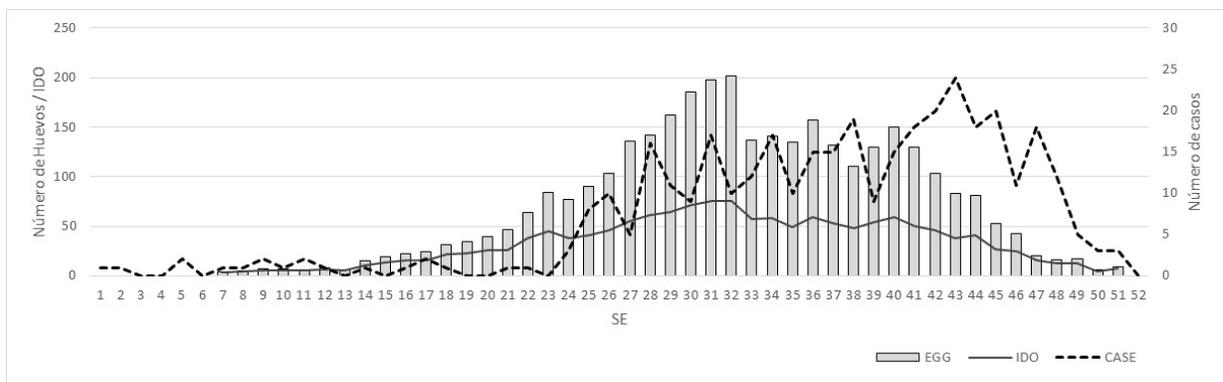


Figura 3. Comportamiento temporal de las variables entomológicas y casos FD/FHD en el área de estudio en el periodo 2012-2013.

La media del índice de marginación urbana (IMU) fue de 2 ± 0.67 equivalente a un nivel medio, observamos que ninguna manzana presentó un índice de marginación muy bajo. En 65 (28.26%) de las manzanas presentaron un IMU alto y 3 (1.30%) muy alto.

En cuanto a la dotación de servicios públicos, las manzanas tuvieron una media de 31 ± 28 viviendas con un rango de 0 a 193. El suministro de agua potable entubada en las manzanas tuvo una media de 24 ± 23 viviendas particulares habitadas y de 0.013 ± 0.20 viviendas particulares habitadas sin drenaje, con un rango de 0 a 3.

En cuanto a la población total, la media de habitantes por manzana fue de 89 ± 82 hab. Con un rango de 0 a 647. Y en relación a los casos la media fue de 1.57 ± 1.83 casos por manzana, con un rango de 0 a 12.

Manzanas con vigilancia entomológica

En las figuras 4a, b. Para los casos de FD/FHD en relación con la población total y los huevos de mosquitos (a) se corrobora la correlación entre las variables; al igual que los casos de FD/FHD con la población total y el índice de marginación urbana (b).

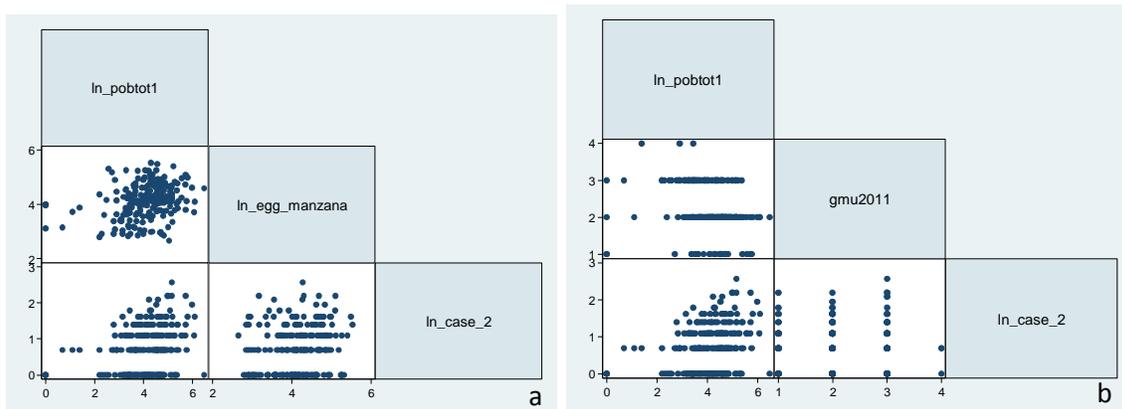


Figura 4. Dispersión de la regresión de la variable casos de FD/FHD versus población total, y huevos de mosquitos (a) e índice de marginación urbana (b).

Las variables que contienen más zeros de los que serían predichos por un modelo Poisson son la variable casos, con un total de 78 manzanas (33.48%), y la variable vivienda con agua entubada con 16 manzanas (6.87%) con viviendas que no cuentan con este recurso.

La variable de respuesta i.e., *número de casos de FD/FHD* para los modelos de Poisson (PR) fueron estadísticamente significativas; no así en los modelos binomial negativa (NBR).

En el cuadro 2, mostramos los resultados de los modelos de regresión Poisson y binomial negativa, en los cuales integramos las variables predictoras medidas en las manzanas con VEO (n=233).

Observamos que las estimaciones de los coeficientes fueron estadísticamente significativas para la variable *huevos totales*, *índice de densidad de ovitrampas* e *índice de marginación urbana*. En los modelos binomial negativa(NBR), ninguna de las variables predictoras lo fueron.

<i>Variables</i>	Poisson		Binomial negativa	
	Casos FD/FHD~	Casos FD/FHD°	Casos FD/FHD~	Casos FD/FHD°
<i>Población total</i>	0.1	0.1	0.3	0.3
<i>Huevos totales</i>		0.3*		0.3
<i>índice de densidad de ovitrampas</i>	0.7*		0.6	
<i>Viviendas habitadas con agua</i>	-0.3	-0.6	-0.6	-0.9
<i>Viviendas habitadas sin drenaje</i>	15.1	17.7	3.9	5.9
<i>Viviendas totales</i>	0.9	1.1	0.8	1.0
<i>índice de marginación</i>	22.4*	21.7*	23.3	23.9
<i>AIC</i>	826.0991	823.7582	776.66686	775.1867

Cuadro 2. Coeficientes de factor de cambio en % de los modelos de regresión Poisson y binomial negativa, sobre manzanas con VEO (n=233). ~ modelo con variable IDO, ° modelo con variable huevos totales. Variables estadísticamente significativas *p <0.05.

Modelos PR

En el modelo que considera como variable entomológica al índice de densidad de ovitrampas, al mantener constantes las otras variables, por cada incremento en la población total de cada manzana, se espera un incremento de 0.1% en los casos de FD/FHD; por cada incremento en el índice de densidad de ovitrampas en cada manzana, se espera un incremento de 0.7% en los casos de FD/FHD, por cada incremento en el número de viviendas particulares habitadas con agua entubada en la manzana disminuye 0.3% los casos de FD/FHD; por cada incremento en el número de las viviendas particulares habitadas sin drenaje en las manzanas, se espera

un incremento de 15.1% de los casos de FD/FHD; por cada incremento en el número de las viviendas totales en las manzanas, se espera un incremento de 0.9% en los casos de FD/FHD, por cada incremento en el índice de marginación en cada manzana, se espera un incremento de 22.4% de los casos de FD/FHD.

En el modelo que considera como variable entomológica la cantidad de huevos totales, al mantener constantes las otras variables, por cada incremento en la población total de cada manzana, se espera un incremento de 0.1% en los casos de FD/FHD; por cada incremento en el número de huevos totales en cada manzana, se espera un incremento de 0.3% en los casos de FD/FHD, por cada incremento en el número de viviendas particulares habitadas con agua entubada en la manzana disminuye 0.6% los casos de FD/FHD; por cada incremento en el número de las viviendas particulares habitadas sin drenaje en las manzanas, se espera un incremento de 17.7% de los casos de FD/FHD; por cada incremento en el número de las viviendas totales en las manzanas, se espera un incremento de 1.1% en los casos de FD/FHD, por cada incremento en el índice de marginación en cada manzana, se espera un incremento de 21.7% de los casos de FD/FHD.

Modelos NBR

En el modelo que considera como variable entomológica al índice de densidad de ovitrampas, al mantener constantes las otras variables, por cada incremento en la población total de cada manzana, se espera un incremento de 0.3% en los casos de FD/FHD; por cada incremento en el índice de densidad de ovitrampas en cada manzana, se espera un incremento de 0.6% en los casos de FD/FHD, por cada incremento en el número de viviendas particulares habitadas con agua entubada en la manzana disminuye 0.6% los casos de FD/FHD; por cada incremento en el número de las viviendas particulares habitadas sin drenaje en las manzanas, se espera un incremento de 3.9% de los casos de FD/FHD; por cada incremento en el número de las viviendas totales en las manzanas, se espera un incremento de 0.8% en los casos de FD/FHD, por cada incremento en el índice de marginación en cada manzana, se espera un incremento de 23.3% de los casos de FD/FHD.

En el modelo que considera como variable entomológica la cantidad de huevos totales, al mantener constantes las otras variables, por cada incremento en la población total de cada manzana, se espera un incremento de 0.3% en los casos de FD/FHD; por cada incremento en el número de huevos totales en cada manzana, se espera un incremento de 0.3% en los casos de FD/FHD, por cada incremento en el número de viviendas particulares habitadas con agua entubada en la manzana disminuye 0.9% los casos de FD/FHD; por cada incremento en el número de las viviendas particulares habitadas sin drenaje en las manzanas, se espera un incremento de 5.9% de los casos de FD/FHD; por cada incremento en el número de las viviendas totales en las manzanas, se espera un incremento de 1.0% en los casos de FD/FHD, por cada incremento en el índice de marginación en cada manzana, se espera un incremento de 23.9% de los casos de FD/FHD.

Por otra parte, el valor de AIC del NBR fue el más bajo de los cuatro modelos comparados, lo que sugiere que el modelo de regresión binomial negativa es el que mejor se ajusta a los datos observados.

Localidad de Cuautla

El comportamiento del dengue en toda la localidad a nivel de manzana, es similar al área de VEO en cuanto a la cantidad de ceros en el número de casos por manzana.

En el cuadro 3 mostramos los resultados para el modelo de regresión Poisson y Binomial Negativa para el periodo 2012-2013, considerando todas las manzanas de la localidad de Cuautla ($n = 2,191$). Sin considerar el exceso de ceros, las variables predictoras del modelo: *población total*, *viviendas totales* e *índice de marginación* fueron estadísticamente significativas en ambos modelos. Para el modelo PR, la variable *viviendas habitadas con agua* fue también significativa, adicionalmente a las mencionadas.

<i>Variables</i>	Poisson	Binomial negativa
	Casos FD/FHD	Casos FD/FHD
<i>Población total</i>	0.5*	1.1*
<i>Viviendas habitadas con agua</i>	1.4*	0.8
<i>Viviendas habitadas sin drenaje</i>	2.5	-6.3
<i>Viviendas totales</i>	-1.5*	-1.7*
<i>índice de marginación</i>	7.7*	11.0*
<i>AIC</i>	7515.776	6285.014

Cuadro 3. Coeficientes de factor de cambio en % de los modelos de regresión Poisson y binomial negativa, sobre todas las manzanas de la localidad de Cuautla (n=2,191). ~ modelo con variable IDO, ° modelo con variable huevos totales. Variables estadísticamente significativas p <0.05.

Modelo PR

Al mantener constantes las otras variables, por cada incremento en la población total de cada manzana, se espera un incremento de 0.5% en los casos de FD/FHD; por cada incremento en el número de viviendas particulares habitadas con agua entubada en la manzana incrementa 1.4% los casos de FD/FHD; por cada incremento en el número de las viviendas particulares habitadas sin drenaje en las manzanas, se espera un incremento de 2.5% de los casos de FD/FHD; por cada incremento en el número de las viviendas totales en las manzanas, se espera una disminución de 1.5% en los casos de FD/FHD, por cada incremento en el índice de marginación en cada manzana, se espera un incremento de 7.7% de los casos de FD/FHD.

Modelo NBR

Al mantener constantes las otras variables, por cada incremento en la población total de cada manzana, se espera un incremento de 1.1% en los casos de FD/FHD; por cada incremento en el número de viviendas particulares habitadas con agua entubada en la manzana incrementa 0.8% los casos de FD/FHD; por cada incremento en el número de las viviendas particulares habitadas sin drenaje en las manzanas, se espera una disminución de 6.3% de los casos de FD/FHD; por cada incremento en el número de las viviendas totales en las manzanas, se espera una disminución de 1.7% en los casos de FD/FHD, por cada

incremento en el índice de marginación en cada manzana, se espera un incremento de 11% de los casos de FD/FHD.

Manzanas “focos calientes”

Identificamos 110 manzanas repetidoras de casos en ambos años de estudio, aunado a un IMU alto, las cuales produjeron 536 (19%) del total de casos, por lo que las denominaremos “focos calientes”. Estas se ubicaron predominantemente en la zona noreste de la localidad en su mayoría sin embargo, se encuentran presentes a lo largo de toda el área de estudio, como se observa en la figura 5.

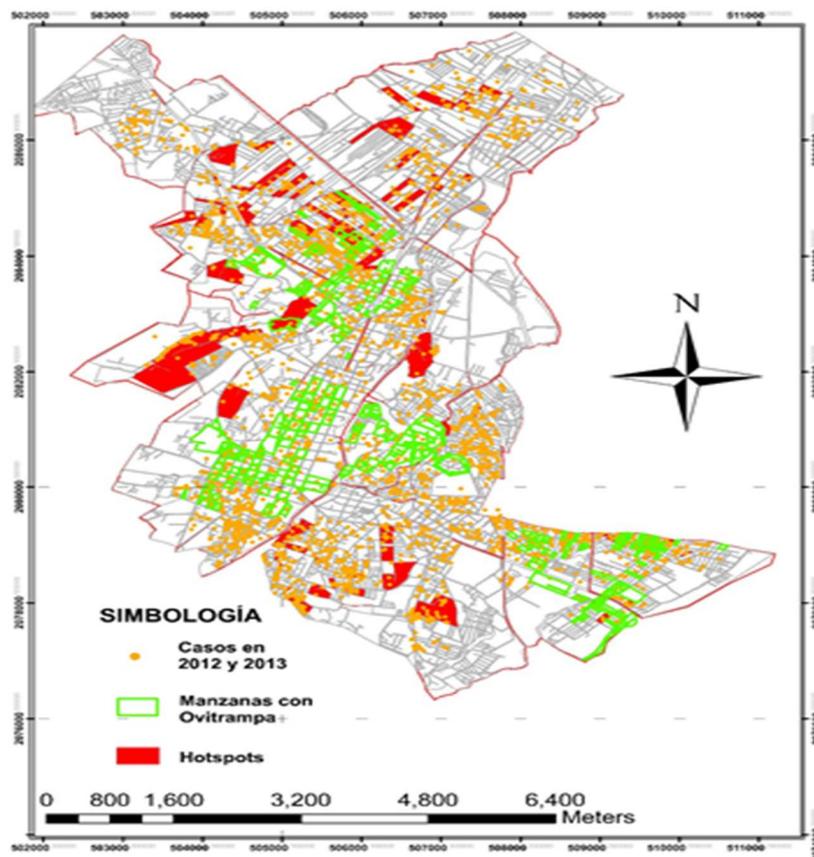


Figura 5. Distribución de las manzanas focos calientes, de la localidad de Cuautla, Morelos.

Discusión

A lo largo de los años se ha demostrado que el dengue no se transmite de manera homogénea, ni afecta por igual a las poblaciones que residen en las áreas donde se establece como problema de salud pública.²⁸ Nuestros resultados son consistentes con esta observación y sugieren que existe una clara concentración de casos de FD/FDH en las manzanas de la localidad de Cuautla con determinantes ecológicos y sociales en común que nos permiten establecer una estratificación del riesgo de transmisión.

La ubicación espacial de casos confirmados sugiere también áreas importantes de oportunidad, que van desde el registro del domicilio en el estudio de caso hasta su georreferenciación en la plataforma del SINAVE, lo cual en futuros estudios fortalecerá el análisis.

Realizamos un modelo de regresión de Poisson y un modelo binomial negativo al número total de casos observados por manzanas en el periodo de estudio-manzanas con VEO y sin VEO.

Para las manzanas con VEO en general, los resultados indicaron que las variables entomológicas *huevos totales de mosquitos e índice de densidad de ovitrampas* resultaron ser las más efectivas en el modelo para explicar los casos. Sin embargo, el *índice de marginación urbana*, aparentemente era la variable que mejor explicaba los casos en ambos modelos como lo reportó Escobar-Mesa en un estudio realizado en Veracruz.²⁸ Sin embargo, el modelo ajustado está subestimando considerablemente el número de casos, lo que nos lleva a la conclusión de que los modelos Poisson para el área con VEO y sin VEO no se ajustan razonablemente bien debido a que la prueba de Chi² de bondad de ajuste fue estadísticamente significativa; y por lo tanto, debemos analizar otras variables que se están omitiendo en la predicción tales como: inmunidad poblacional, serotipos circulantes, medidas de control y sub registro de casos¹⁰ entre otras o identificar si hay un problema de exceso de dispersión.²⁹

Por otra parte, los modelos de regresión binomial negativa, a pesar de no ser estadísticamente significativos, resultaron ser el mejor modelo con un AIC menor, al considerar los casos lo

que, por otro lado, ratifica la importancia de generar una vigilancia entomológica sistemática, integral y con una adecuada distribución.

La identificación de las manzanas repetidoras de casos en el periodo de estudio, que actúan como focos calientes, y que posiblemente influyen en la transmisión del dengue asociadas con las variables sociodemográficas, resulta de gran utilidad para el programa de control y prevención con el fin de fortalecer la estrategia de manejo integrado del vector propuesta por la OMS/OPS³⁰ y los lineamientos federales²⁶ cuyo objetivo es reducir la transmisión del dengue e incidir sobre el riesgo de FD/FHD, sustentada en la aplicación oportuna de las medidas de control sobre las áreas de alto riesgo.

Parte de los objetivos de este estudio ecológico, fue identificar como los factores entomológicos, específicamente los huevos de mosquitos, así como el índice de densidad de ovitrampas se asociaban con la transmisión de dengue a nivel de manzana en la localidad de Cuautla, sin embargo, la falta de heterogeneidad espacial, es decir un muestreo con ovitrampas con mayor representatividad y de lecturas semanales de las ovitrampas considerados como sesgo de información, influyeron en los análisis. La carencia de información entomológica pudo ser un factor para no lograr explicar los casos de FD/FHD reportados como se esperaba. Aunado a que nuestra variable de respuesta fue de conteo con un exceso de ceros.

No obstante lo anterior, la importancia de este estudio radica en que se trata del primer acercamiento al análisis de la vigilancia entomológica con ovitrampas a nivel de manzana con la aparición de casos en una localidad considerada de alto riesgo de transmisión en un estado endémico en México, y pone de manifiesto la importancia de la información entomológica contrastándola con escenarios de transmisión del dengue en los cuales esta,

no se encuentra disponible.³¹ Este tipo de variables son críticas, ya que le otorgan plausibilidad biológica, y el no incluirlas sesga considerablemente su análisis en el caso de esta y otras enfermedades transmitidas por vector.

Algunas preguntas que se surgen de este estudio son: ¿las manzanas detectadas como focos calientes son consistentes en su producción de huevos a lo largo del tiempo? , de la misma forma ¿son estas manzanas generadoras anuales de casos más allá del periodo analizado?

Recomendaciones

Los resultados de este estudio comprueban la importancia de una vigilancia entomológica en las comunidades endémicas para la transmisión del dengue. Si consideramos que los recursos son limitados a nivel operativo para atender la totalidad de las manzanas del universo de riesgo en la localidad, se recomienda fortalecer este tipo de vigilancia con una mayor y más homogénea distribución de ovitrampas en dichas zonas endémicas. Al considerar variables como el rango de vuelo del mosquito y la movilidad poblacional sería deseable evitar el sobremuestreo de las manzanas con 4 ovitrampas como actualmente se lleva a cabo y considerar la utilización de un máximo de dos, pero ampliando la zona de vigilancia.

Estudios realizados en Australia³², argumentan que la autocorrelación espacial es una consideración importante en la planificación de una estrategia eficiente de vigilancia de vectores y que puede ser usada como una herramienta para determinar el número de ovitrampas por unidad de área. Por tal razón, recomendamos para futuros estudios la integración de información sistemática y estandarizada³¹ de múltiples fuentes y considerando la autocorrelación espacial propuesta por Mohebbi M et al.,³³ para este tipo de análisis.

Agradecimientos: Los autores agradecen a Servicios de Salud de Morelos, por las facilidades otorgadas para la obtención de las bases de datos, al personal de entomología de

la JSIII así como al personal del Centro Regional de Control de Vectores de Oaxtepec por la realización de las encuestas entomológicas y finalmente Comisión Nacional del Agua delegación Morelos por las facilidades para la obtención de bases de datos.

Consideraciones éticas: Este estudio aprobado por los Comités de ética en investigación (CEI) y de Investigación del Instituto Nacional de Salud Pública.

Los autores manifiestan no tener con conflicto de intereses con respecto a la investigación, coautoría o publicación de este artículo.

Referencias

1. Guzman MG, Kouri G. Dengue: an update. *Lancet Infect Dis.* 2002;2(1): 33–42
2. Gubler DJ. The global emergence/resurgence of arboviral diseases as public health problems. *Arch Med Res.* 2002;33(4):330–342
3. San Martin J, Brathwaite O, Zambrano B, Solórzano J, Bouckenooghe A, et al., The epidemiology of dengue in the Americas over the last three decades: a worrisome reality. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 2010; 82: 128-135.
4. Organización Panamericana de la Salud. Dengue: datos estadísticos y epidemiología. Número de casos reportados de dengue y dengue grave en las Américas, por país. USA, 2016. Disponible en: http://www.paho.org/hq/index.php?option=com_topics&view=readall&cid=3274&Itemid=40734&lang=es
5. Guidelines for diagnosis treatment, prevention and control. Geneva, 2009.
6. Secretaría de salud. Subsecretaría de prevención y promoción de la salud. Dirección general de epidemiología. Perfil epidemiológico del Dengue. México, 2012.
7. Servicios de Salud de Morelos. Dirección de Servicios de Salud a la Comunidad. Departamento de Epidemiología. Coordinación de Enfermedades Transmitidas por Vector. Programa de trabajo de dengue, chikungunya y zika. Morelos, 2016.
8. Serpa L, Alvarenga G, De Lima A, Voltolini J, Arduino M, Barbosa G, *et al.*, Study of the distribution and abundance of the eggs of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* according to the habitat and meteorological variables, municipality of Sao Sebastiao, Sao Paulo state, Brazil. *Parasites and vectors.* 2013; 6:321. Doi:10.1186/1756-3305-6:321
9. Da Rocha M, Marques J, Dos Santos M, Dos Santos A, Camargos V, Nunes S, *et al.*, Dengue outbreaks in Divinópolis, south-eastern Brazil and the geographic and climatic distribution of *Aedes albopictus* and *Aedes aegypti* in 2011-2012. *Tropical medicine and international health.* 2015; 20:77-88. Doi:10.1111/tmi.12402
10. Secretaría de salud. Comisión federal para la protección contra riesgos sanitarios. Comunicado de prensa 106/15 del 9 de diciembre, 2015. México, 2015. Disponible en: <http://www.cofepris.gob.mx/Documents/NotasPrincipales/09122015.pdf>
11. World Health Organization. Summary of the April 2016 meeting of the Strategic Advisory Group of Experts on immunization (SAGE). Suiza, 2016. Disponible en

http://www.who.int/immunization/sage/meetings/2016/april/SAGE_April_2016_Meeting_Web_summary.pdf?ua=1

12. Lambrechts L, Scott TW and Gubler DJ. Consequences of the expanding global distribution of *Aedes albopictus* for dengue virus transmission. *Plos Neglect Tropical Disease*. 2010;4:646
13. Barbosa G, Donalísio M, Stephan C, Laurenco R, Andrade V, De Brito M *et al.*, Spatial distribution of the risk of dengue and the entomological indicators in Sumaré, State of Sao Paulo, Brazil. *PLOS Neglected tropical disease*. 2014;8:e2873. Doi:10.1371/journal.pntd.0002873.
14. Secretaría de Salud. Subsecretaría de prevención y promoción de la salud. Programa sectorial de salud 2013-2018. Prevención y control del dengue. México, 2014.
15. Hernández-Ávila J, Rodríguez M, Santos Luna R, Sánchez Castañeda V, Román-Pérez S, Ríos Salgado Víctor, Salas-Sarmiento J. National-wide, web-based geographic information system for the integrated surveillance and control of dengue fever in Mexico. *PloS ONE*. 2013, 8(8): e70231. Doi:10.1371/journal.pone.0070231.
16. Eisen L, Lozano-Fuentes S. Use of Mapping and Spatial and Space-Time Modeling Approaches in Operational Control of *Aedes aegypti* and Dengue. *PLoS Negl Trop Dis*. 2013, 3(4): e411. doi:10.1371/journal.pntd.0000411
17. Chang F-S, Tseng Y-T, Hsu P-S, Chen C-D, Lian I-B, Chao D-Y. Re- assess vector indices threshold as an early warning tool for predicting dengue epidemic in a dengue non-endemic country. *PLoS Negl Trop Dis*. 2015, 9(9):e0004043. Doi:10.1371/journal.pntd.0004043
18. Sarfraz M, Tripathi N, Tipdecho T, Thongbu T, Kerdthong P, Souris M. Analyzing the spatio-temporal relationship between dengue vector larval density and land-use using factor analysis and Spatial ring mapping. *BMC Public Health* 2012; 12:853
19. Ducombe J, Clements A, Dabis J, Hu W, Weinstein P, Ritchie S. Spatiotemporal patterns of *Aedes aegypti* populations in Cairns, Australia: assessing drivers of dengue transmission. *Tropical medicine and international health*. 2013; 18(7): 839-849. Doi:10.1111/tmi.12115.

20. Villegas-Trejo A, Manrique-Saide P, Che-Mendoza A, Cruz-Canto W, González-Fernández M, González-Acosta C, et al. First report of *Aedes albopictus* and other mosquito species in Morelos, México. *Journal of the American mosquito control association* 2010; 26(3): 321-323.
21. Instituto nacional de estadística y geografía. Censo nacional de población y vivienda. México, 2010.
22. Panorama sociodemográfico de Morelos/ Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México 2011. ISBN978-607-494-201-1,
23. Instituto nacional de estadística y geografía. Carta urbana. México, 2009.
24. García E. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koeppen. México: Universidad Nacional Autónoma de México, 1987:246
25. Secretaría de salud. Centro Nacional de Prevención y Control de Enfermedades. Plataforma de vigilancia entomológica y control integral del vector. México, 2008
26. Servicios de Salud de Morelos. Dirección de Servicios de Salud a la Comunidad. Departamento de Epidemiología. Coordinación de Enfermedades Transmitidas por Vector. Guía operativa para colocación de ovitrampas del estado de Morelos. Morelos, 2010.
27. Secretaría de gobernación. Consejo nacional de población. Índice de marginación urbana 2010. México, 2015.
28. Escobar-Mesa J, Gómez-Dantés H. Determinantes de la transmisión de dengue en Veracruz: un abordaje ecológico para su control salud pública de México 2003,45(1):43-53
29. Carbajo A, Curto S, Schweigmann J. Spatial distribution pattern of oviposition in the mosquitos *Aedes aegypti* in relation to urbanization in Buenos Aires: southern frige bionomics a fan introduced vector. *Medical and veterinary entomology* 2006,20:209-218.
30. World Health Organization. Dengue Guidelines for diagnosis treatment, prevention and control. Geneva, 2009.
31. Mulligan K, Dixon J, Sinn C, Elliott S. Is dengue a disease of poverty? A systematic review. *Pathogens and global health.* 2015;109:10-18. Doi. 10.1179/2047773214Y.0000000168.

32. Azil A, Bruce D, Williams C. Determining the spatial autocorrelation of dengue vector populations: influences of mosquito sampling method, covariables, and vector control. *Journal of vector ecology*. 2014;39:153-163.
33. Mohebbi M, Wolf R, Jolley D. A poisson regression approach for modeling spatial autocorrelation between geographically referenced observations. *BMC. Medical Research Methodology*. 2011;11:133. Doi.10.1186/1471-2288-11-133.

Conclusiones

Los incrementos en la humedad pueden predecir con hasta tres semanas de anticipación el índice de densidad de ovitrampas a partir de la proliferación de huevos de mosquitos *Aedes spp.* La estacionalidad observada de la presencia de los mosquitos en la temporada de secas para Cuautla ocurre principalmente durante periodos de humedad promedio constante.

Se sugiere continuar con esta línea de sistemas de alerta temprana eficaces en estas vertientes: interacción de las densidades del vector con los factores ambientales, cobertura de vegetación, microclima y sociales tales como: características físicas de la vivienda: agua y saneamiento, diversidad de criaderos, presencia de mosquiteros; considerando la unidad de análisis (i.e. localidad, ciudad, entre otros).

No obstante lo anterior, la importancia de este estudio radica en que se trata del primer acercamiento al análisis de la vigilancia entomológica con ovitrampas con la aparición de casos en una localidad considerada de alto riesgo de transmisión en un estado endémico en México, y pone de manifiesto la importancia de la información entomológica contrastándola con escenarios en los cuales esta no se encuentra disponible. Este tipo de variables son críticas, ya que le otorgan plausibilidad biológica, y el no incluirlas sesga considerablemente su análisis en el caso de esta y otras enfermedades transmitidas por vector.

Estos resultados serán de utilidad para el establecimiento de algoritmos de sistemas de alerta temprana para la aparición de brotes de enfermedades transmitidas por mosquitos del género *Aedes*.

Agradecimientos: a Servicios de Salud de Morelos, por las facilidades otorgadas para la obtención de las bases de datos, al personal de entomología de la JSIII así como al personal del Centro Regional de Control de Vectores de Oaxtepec por la realización de las encuestas entomológicas y finalmente a la Comisión Nacional del Agua delegación Morelos por las facilidades para la obtención de bases de datos.