



UADY

POSGRADO
INSTITUCIONAL
EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y
MANEJO DE RECURSOS
NATURALES TROPICALES

**“Variación estacional de *Aedes aegypti* (Diptera:
Culicidae) en cuatro localidades de Yucatán”**

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO
PARA OBTENER EL GRADO DE

**MAESTRO EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS
NATURALES TROPICALES**

POR:

**Licenciado en Biología Marina
Juan Manuel Chávez Trava**

Directores:

**Dr. Hugo Delfín González
Dr. Abdiel Agustín Martín Park**



POSGRADO INSTITUCIONAL
CIENCIAS AGROPECUARIAS Y MANEJO
DE RECURSOS NATURALES TROPICALES

Mérida, Yuc., México, Noviembre de 2018



UADY
UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA
DE YUCATÁN

**COORDINACIÓN GENERAL
DEL SISTEMA DE POSGRADO,
INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN**

POSGRADO INSTITUCIONAL EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y MANEJO DE RECURSOS
NATURALES TROPICALES

**ALUMNO: LICENCIADO EN BIOLOGÍA MARINA
JUAN MANUEL CHAVEZ TRAVA**

SÍNODO DEL EXAMEN DE TESIS DE GRADO

**DR. PABLO MANRIQUE SAIDE
CCBA-UADY**

**DR. JORGE LEIRANA ALCOCER
CCBA-UADY**

**DRA. GABRIELA GONZÁLEZ OLVERA
CCBA-UADY**

**DR. JORGE NAVARRO ALBERTO
CCBA-UADY**

**DR. JUAN JIMÉNEZ OSORNIO
CCBA-UADY**

MÉRIDA, YUCATÁN, NOVIEMBRE DEL 2018

DECLARACIÓN

El presente trabajo no ha sido aceptado o empleado para el otorgamiento de título o grado diferente o adicional al actual. La tesis es resultado de las investigaciones del autor, excepto donde se indican las fuentes de información consultadas. El autor otorga su consentimiento a la UADY para la reproducción del documento con el fin del intercambio bibliotecario siempre y cuando se indique la fuente.

DEDICATORIA

A mi familia por apoyarme incondicionalmente, y sus buenas vibras permanentes.

A mis amigos por el apoyo tan particular que me han dado.

A mis profesores que han contribuido cada uno a su manera en mi formación profesional.

AGRADECIMIENTOS

A mis asesores, el Dr. Hugo Delfín González y al Dr. Abdiel Martín Park, por su apoyo, formación académica y sobre todo por su amistad.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca de maestría otorgada.

Al comité tutorial conformado por la Dra. Gabriela González Olvera, quien además de ayudarme con mi tesis, fue un apoyo extra que me mantuvo siempre por el camino correcto. Al Dr. Jorge Leirana por sus valiosas sugerencias y recomendaciones que enriquecieron sustancialmente el trabajo. Al Dr. Pablo Manrique Saide, quien me aceptó como tesista, a pesar de no haber tenido una formación entomológica previa. Por su amistad y su particular forma de ayudar.

A los compañeros de campo de la Unidad Colaborativa para Bioensayos Entomológicos, que además de ayudarme con los muestreos, se convirtieron en amigos de verdad. Gracias a su amistad, logré terminar esta tesis.

A mis compañeros del laboratorio de la Unidad Colaborativa para Bioensayos Entomológicos, que siempre me apoyaron con la identificación y conteo de mosquitos, y resolvieron todas mis dudas con la mejor disposición. Gracias a su amistad, logré terminar esta tesis.

A Sergio Peña Fierro y Ramón Arjona Crespo de la CONAGUA, quienes amablemente me apoyaron con datos climáticos, al momento de que se los pedí.

Al Dr. Jorge Leirana Alcocer y al M. en C. Felipe Dzul Manzanilla, por su apoyo con los análisis estadísticos e interpretación de resultados, así como por su amistad.

Al Biol. Anuar Medina Barreiro, quien siempre me apoyó con su amistad y sus funciones administrativas en la Unidad Colaborativa para Bioensayos Entomológicos.

A los M. en C. Juan Navarrete Carballo y Sergio Dzib por su amistad, y su apoyo en la identificación de mosquitos. Al Biol. Wilberth Bibiano Marín y al M. en C. Evaristo Morales por su amistad y su apoyo en los muestreos.

Finalmente a mi familia, mis papás: María de Lourdes y Juan de Dios; mi hermano Juan Esteban.

RESUMEN

Los mosquitos transmiten diversos patógenos que se traducen en una morbilidad y mortalidad significativa para el ser humano. Por lo tanto, este insecto representa un objetivo clave para las estrategias dirigidas a reducir o eliminar la transmisión de dichos patógenos. El mosquito *Aedes aegypti* es una especie de las regiones tropicales y subtropicales del globo, generalmente dentro de los límites de 35° de latitud norte y 35° de latitud sur. En regiones tropicales y subtropicales la distribución estacional de los mosquitos típicamente sigue los patrones de precipitaciones, mientras que en regiones templadas la población está regulada por la duración y la intensidad del invierno, niveles de precipitación y temperatura. Las localidades de Yucatán elegidas para el presente trabajo son zonas suburbanas con un aislamiento relativo de otros asentamientos humanos, por lo que se pueden considerar poblaciones cerradas. No hay información en estas localidades acerca de la dinámica poblacional del mosquito *Aedes aegypti*, ni se ha correlacionado con factores climáticos. Se realizaron muestreos de huevos y de adultos, durante más de un año, y se asoció con las estaciones de secas, precipitaciones y nortes. Se encontró una mayor abundancia de adultos y de huevos, en la época de lluvias.

Palabras Clave: Mosquitos, abundancia, población, temperatura, precipitación, Yucatán.

SUMMARY

Mosquitoes transmit a variety of pathogens, leading to a significant morbidity and mortality in humans. Therefore, this insect is a key target for strategies to reduce or eliminate the transmission of this pathogens. The *Aedes aegypti* mosquito lives in tropical and subtropical zones of the planet, within 35° north latitude degrees limits and 35° south latitude. In these regions, the abundance typically follows precipitation levels, while in tempered regions, it follows the intensity of the winter, precipitation and temperature levels.

The four locations of this project are suburban localities, relatively isolated, so these are considered closed populations. There is no information on these sites about population dynamics of *Aedes aegypti*, nor has been related to climate factors.

Eggs and adults samplings were made throughout a year, using ovitraps and BG-Sentinel traps, and the results were associated to rain, norths and dry seasons. We found a clear egg and adults increase on the rainy season.

Keywords: Mosquitoes, abundance, population, temperature, precipitation, Yucatan.

1. INTRODUCCIÓN

Los mosquitos transmiten diversos patógenos que se traducen en una morbilidad y mortalidad significativa para el ser humano. Por lo tanto, este insecto representa un objetivo clave para las estrategias dirigidas a reducir o eliminar la transmisión de dichos patógenos (Alphey, 2014). Existen a nivel mundial 43 géneros y 3668 especies de mosquitos (Foley *et al.*, 2007). En México, están registrados 18 géneros y 247 especies (Ibáñez-Bernal *et al.*, 1996). Más específicamente, en Yucatán se han registrado 14 géneros y 50 especies (Zapata-Peniche *et al.*, 2007). Y finalmente, en Mérida, se han registrado 16 especies (Najera-Vazquez *et al.*, 2004).

El mosquito *Aedes aegypti*, es una especie de las regiones tropicales y subtropicales del globo, generalmente dentro de los límites de 35° de latitud norte y 35° de latitud sur que corresponden a una isotérmica de 10 °C. Aun cuando el mosquito se ha encontrado hasta los 45° de latitud norte, estas invasiones, que ocurren durante la estación cálida, no sobreviven el invierno (Nelson, 1986). En regiones tropicales y subtropicales la distribución estacional de los mosquitos típicamente sigue los patrones de precipitaciones, mientras que en regiones templadas la población está regulada por la duración y la intensidad del invierno, niveles de precipitación y temperatura (Rossi y Almirón, 2004). Localmente, los números de esta especie pueden variar sustancialmente a corta distancia, dependiendo de la disponibilidad de sitios para poner sus huevos (Getis *et al.*, 2013), lo cual está influenciado por el ser humano (Barrera, 2011).

Esta especie destaca en el interior de las viviendas por sus hábitos antropofílicos (Manrique-Saide *et al.*, 2005). Los criaderos más importantes están en los patios de las viviendas, los cuales se llenan principalmente con agua de lluvia (Hernández-Ortiz *et al.*, 2006).

El dengue, chikungunya y zika, comparten al mismo vector: el mosquito *Ae. aegypti* (Calvo *et al.*, 2016). De los anteriores, el dengue es la enfermedad producida por un arbovirus que se propaga más rápido a nivel mundial, con una incidencia anual aproximada de 50,000 millones de casos, 500,000 de estos, severos (WHO, 2007). Durante las epidemias, las tasas de ataque pueden llegar a afectar a 80–90% de las personas susceptibles (Calisher, 2005) y

la letalidad puede ser mayor de 5% (Guzmán y Kouri, 2002). En décadas recientes, se ha observado un crecimiento casi exponencial (Nathan y Dayal-Drager, 2006). El severo impacto socioeconómico de la enfermedad está siendo cada vez mejor documentado (Suaya *et al.*, 2007). De las enfermedades virales transmitidas por artrópodos, el dengue es la de mayor importancia actualmente y constituye una prioridad de salud pública en los países tropicales y subtropicales (Guzmán *et al.*, 2006).

El virus Zika proviene de África central y se expandió rápidamente a través del Pacífico hasta Sudamérica. La enfermedad producida por este virus, es un ejemplo de fiebre exantemática leve. La mortalidad es muy baja, y se limita a casos de Guillain-Barré o microcefalia fetal (Sallent *et al.*, 2016). Ya se reportó una epidemia del virus Zika en la zona del Caribe, Centro y Sudamérica en el 2015 (Vorou, 2016).

El virus del Chikungunya produce una enfermedad febril aguda que frecuentemente viene acompañada de artralgia. Históricamente, estaba restringido al hemisferio oriental, pero en el 2013 el virus se reportó en el hemisferio occidental, en un gran brote en la región del Caribe (Cigarroa-Toledo *et al.*, 2016). El primer caso en México, se reportó en Jalisco en mayo del 2014 cuando el paciente regresó de la zona del Caribe (Rivera-Ávila, 2014). El primer caso autóctono, se registró en octubre del 2014 en el estado de Chiapas (Díaz-Quñonez *et al.*, 2015).

Al no existir vacunas ni medicamentos efectivos para su prevención y tratamiento, (Gomez-Dantés y Willoquet, 2009) las acciones para controlar las poblaciones de *Ae. aegypti* se sustentan en a) el control químico de los estados inmaduros y la eliminación física de los criaderos (campanas de descacharrización); b) el control químico de los mosquitos adultos mediante insecticidas en tratamientos espaciales y rociado intradomiliario focal, y c) estrategias de promoción de la salud y participación comunitaria Patio limpio y cuidado del agua almacenada (SSA, 2008) (SSA, 2014).

Aedes aegypti se desarrolla en cuerpos de agua almacenada en distintos tipos de contenedores dentro y alrededor de las viviendas humanas. Un método de control apropiado es la eliminación de las fuentes de agua y criaderos, para lo que se ha recomendado el manejo ambiental permanente, que tiene como objetivo modificar físicamente el entorno donde se

desarrolla y vive el mosquito para prevenir y minimizar la propagación de las enfermedades a través del contacto vector-humano.

Estudios de dinámica de poblaciones son fundamentales en regiones específicas (Otero *et al.*, 2006) (Rodhain, 1997) teniendo en cuenta que las poblaciones de *Ae. aegypti* puede mostrar variaciones en su comportamiento en diferentes áreas geográficas (Tejerina *et al.*, 2009) (Grech *et al.*, 2010). Además, los estudios estacionales de la actividad de oviposición y los patrones de abundancia del vector son necesarios para predecir los períodos de mayor riesgo de transmisión de los virus (Vezzani y Carbajo, 2008).

Trabajos de dinámica poblacional de esta especie se han llevado a cabo en el continente americano (Rodriguez *et al.*, 2015) y en México (García *et al.*, 2011), con la finalidad de conocer los patrones estacionales que presenta esta especie.

En el presente estudio se realizó un monitoreo para conocer la dinámica poblacional en tiempo y espacio de *Ae. aegypti* en Hacienda Tahdzibichén, San Pedro Chimay, Tekik de Regil y Molas, localidades de Yucatán.

2. OBJETIVOS

Objetivo general

- Estimar la abundancia relativa de huevos y adultos del mosquito *Aedes aegypti* en tiempo en Molas, Hacienda Tahdzibichén, San Pedro Chimay y Tekik de Regil, Yucatán.

Objetivos específicos

- Describir los cambios temporales de la prevalencia y abundancia de huevos de *Aedes aegypti* en los sitios de estudio en el periodo de un año.
- Describir los cambios temporales de la prevalencia y abundancia de adultos de *Ae. aegypti* en Hacienda Tahdzibichén, San Pedro Chimay, Tekik de Regil y Molas, en el período de un año.
- Describir de manera independiente la abundancia total de hembras alimentadas, hembras no alimentadas y machos.

3. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Población

Una población es un grupo de organismos de la misma especie que ocupa un espacio en particular y funciona como parte de una comunidad biótica, la cual a su vez se define como el ensamble de poblaciones que funcionan de la misma manera que una unidad integrante a través de una serie de transformaciones metabólicas coevolutivas en un área prescrita del hábitat físico (Odum, 2006).

3.1.2 Dinámica poblacional

La naturaleza está en un flujo continuo, y sus patrones de distribución y abundancia son determinados por un balance entre factores que añaden individuos, como nacimientos e inmigración, y factores que remueven individuos, como muertes y emigración (Molles, 2016).

Se considera al crecimiento poblacional como un proceso determinista. Puesto que las tasas de natalidad y mortalidad se suponen constantes, para un conjunto dado de condiciones iniciales, ambos modelos exponencial y logístico del crecimiento poblacional pronosticarán solamente un resultado exacto. La comprensión de que la dinámica poblacional representa el resultado combinado de muchas probabilidades individuales ha conducido al desarrollo de modelos probabilísticos o estocásticos del crecimiento poblacional. Estas poblaciones no funcionan de forma independiente unas de otras. La dispersión tiene el efecto de variar la distribución espacial de individuos, y como resultado, los patrones localizados de la densidad poblacional. Aunque el movimiento de individuos dentro de la población produzca cambios en el patrón de distribución y la densidad en el tiempo, los factores principales que dominan la dinámica de la población son los procesos demográficos del nacimiento y la muerte (Smith y Smith, 2015).

3.2 Phylum Arthropoda

Un artrópodo (del griego *arthron*, “articulación” y *pous*, “pie”) es un animal invertebrado que posee un exoesqueleto, un cuerpo segmentado, y apéndices articulados en pares. Este grupo posee una cutícula de quitina, en ocasiones mineralizada con carbonato de calcio (Ortega-Hernández, 2016).

El número estimado de especies de artrópodos varía entre 1,170,000 y 10 millones, y representan el 80% de todos los animales vivos (Ødegaard, 2000). Los artrópodos también dominan entre los fósiles encontrados hasta ahora. En este filo se encuentran insectos, arañas, escorpiones, copépodos, cangrejos, etcétera. Como los anélidos, los artrópodos son básicamente metaméricos, con nuevos segmentos saliendo durante su desarrollo. Estos segmentos tienen especializaciones, a lo que se le conoce como tagmatización (Pechenik J, 2015).

Un subgrupo de artrópodos, los insectos, son los miembros más ricos en especies de todos los reinos ecológicos en entornos terrestres y de agua dulce (Thompson, 1994). En cuanto a su relación con los humanos, desde tiempos remotos ha existido un conocimiento de los artrópodos, que si bien se ha vinculado principalmente a los aspectos económicos (ya sea nociva o benéficamente), de salud pública, y de terapéutica, también se han hecho presentes en la cotidianidad de los humanos (Pinkus, 2010).

3.3 Clase Insecta

Se han reportado insectos en prácticamente todos los hábitats, excepto en el océano profundo. Aunque la mayoría de especies son terrestres, muchas especies viven, ya sea como larvas o adultos, en cuerpos de agua dulce o lagunas salobres e incluso algunas especies viven en la superficie del agua en mar abierto. Hay millones de especies descritas y se cree pueden ser muchas más. Este tremendo número de especies es en parte atribuido a las especializaciones, capacidad de dispersión y a las diversas estrategias para evitar depredadores. Los insectos fueron los primeros organismos que lograron volar, por lo que explotaron un nicho que hasta el momento era virgen.

La ecología de estos organismos varía mucho. Pueden dominar cadenas y redes alimenticias, en términos de volumen y números. Se alimentan de detritus, materia en descomposición, madera, hongos, filtran microorganismos acuáticos, otros insectos (depredadores), y muchos son parásitos (Gullan y Cranston, 2014).

Los insectos son de los grupos más investigados, debido al impacto que tienen sobre la humanidad. Muchas especies son ampliamente estudiadas debido a que son vectores de enfermedades que afectan al ser humano (malaria, dengue, fiebre amarilla, etc.) (Pechenik, 2015).

En esta clase destacan cinco órdenes mayores por su riqueza de especies; escarabajos (Coleoptera); moscas (Diptera); avispas, hormigas y abejas (Hymenoptera); mariposas y polillas (Lepidoptera) y chinches (Hemiptera) (Gullan y Cranston, 2014).

A nivel mundial, se han descrito más de un millón de especies de insectos, alrededor de 70,000 en México y 2,300 en Yucatán (Llorente y Ocegueda, 2008).

3.4 Orden Díptera

Los dípteros son uno de los grupos más abundantes, y sus especies se distribuyen prácticamente en todo el mundo. La mayoría son fácilmente distinguibles por tener un par de alas. Son pequeños y de cuerpo blando, y son de gran importancia económica. Por una parte, los mosquitos y otras moscas hematófagas son plagas para el ser humano. Son vectores de enfermedades que resultan en altísimos costos. Por otra parte, muchos dípteros son útiles como carroñeros, y depredadores de parásitos dañinos o de otros dípteros que son considerados plagas. Otros son útiles debido a que contribuyen a la polinización.

Las partes bucales de los dípteros son en general para chupar, aunque las estructuras varían entre familias y especies. Algunas están diseñadas para perforar, otras para cortar, o para lamer, e incluso en algunas moscas las estructuras bucales están pobremente desarrolladas y no son funcionales.

Los dípteros sufren una metamorfosis completa, y pasan por las siguientes fases: huevo, larva, pupa y adulto (Triplehorn y Johnson, 2005).

Este orden es uno de los grupos de organismos más ricos en especies, anatómicamente variado y ecológicamente innovadores que constituyen el 10-15% de las especies animales conocidas (Yeates *et al.*, 2007). Las especies de dípteros se han clasificado en 11,021 géneros, 150 familias, 22 a 32 superfamilias, de 8 a 10 infraórdenes y 2 subórdenes (McAlpine y Wood 1989).

En el mundo se estima que hay aproximadamente 155,000 especies descritas (Brown, 2009; Pape y Thompson, 2013). En México, hay registradas alrededor de 5,000 especies, distribuidas en 78 familias, pero se estima que pudiera estar representado por aproximadamente 30,000 especies, basados en la consideración de que el país alberga

aproximadamente el 10% de la biodiversidad mundial (Morón y Terrón, 1988; Morón y Valenzuela-González, 1993).

En Yucatán, se han descrito 482 especies (Islebe *et al.*, 2015) de 45 familias formalmente reportadas, que representan el 9.3% de las especies reconocidas para México, de las cuales únicamente el 62.5% (291 especies) tienen nombre específico y el restante solo se ha reportado a nivel de morfoespecie (Manrique-Saide y González, 2010).

3.5 Familia Culicidae

Son los mosquitos verdaderos. Esta familia es un abundante y bien estudiado grupo de dípteros. Sus estadios larvales son acuáticos, y los adultos son fácilmente reconocibles por la característica venación de las alas, las escamas y la proboscis. Los mosquitos son muy importantes para el ser humano, ya que las hembras con hematófagas, y son vectores de transmisión de enfermedades mortales. Los huevos son puestos cerca de cuerpos de agua, ya sea individualmente en la superficie del agua (*Anopheles*), en “balsas” (*Culex*) o cerca del agua (*Aedes*). Las larvas de la mayoría de especies se alimentan de materia orgánica o algas, pero algunas son depredadoras de otras larvas. Las pupas son acuáticas, y contrario a pupas de otros insectos, estas son activas.

La mayoría de los adultos no se transportan lejos del cuerpo de agua de donde emergieron. Por ejemplo, *Aedes aegypti* no viaja más de 100 metros de donde emergió, aunque hay estudios que indican que las hembras pueden viajar hasta 800 metros para poner sus huevos (Honório, *et al.*, 2003).

3.6 Género *Aedes*

Es un género que comprende más de 950 especies de mosquitos. Algunos de sus miembros son vectores de enfermedades, en ocasiones mortales. Las diferentes especies de mosquitos *Aedes* son nativos de zonas tropicales y templadas, en todo el mundo. Algunas especies se han distribuido más allá de donde sus rangos nativos, ya sea por introducción humana, o por el cambio climático (Reinert, 2000).

Mosquitos *Aedes* adultos se distinguen de otros tipos de mosquitos por su cuerpo angosto y típicamente de color oscuro, por patrones únicos en las escamas oscuras y claras en abdomen y tórax, y por bandas oscuras y claras alternantes en las patas. Las hembras se pueden distinguir por la forma del abdomen, el cual suele terminar en punta, y por sus palpos maxilares que son más cortos que la proboscis. Los mosquitos *Aedes* mantienen el cuerpo bajo y paralelo al suelo, con la proboscis apuntando hacia abajo cuando se posa (Wilkerson *et al.*, 1993).

Las hembras depositan huevos de color negro sobre superficies húmedas, que experimentarán inundación, cerca de cuerpos de agua, como pantanos, huecos en los árboles o en plantas. También dejan huevos en estructuras hechas por el hombre, como contenedores plásticos, neumáticos, etcétera. Después de inundarse, los huevos van eclosionando en lotes, en un proceso que puede durar de días a semanas. Los huevos pueden retrasar su desarrollo en respuesta a las condiciones climáticas adversas, y mantenerse viables por meses, proceso conocido como diapausa. (Tauber, y Tauber, 1986).

Las larvas del género *Aedes* son acuáticas, y están típicamente colgando de cabeza en ángulo con la superficie del agua, usando una estructura respiratoria llamada sifón para tomar oxígeno por encima de la superficie. La larva pasa por cuatro etapas o instars. Los mosquitos suelen alimentarse durante el día, con pico de actividad al amanecer y al atardecer. Únicamente las hembras son hematófagas, y éstas pueden alimentarse de la sangre de seres humanos (Rogers, 2016).

3.6.1 *Aedes aegypti*

El mosquito *Ae. aegypti*, también conocido como mosquito de la fiebre amarilla, es el vector que transmite dengue, chikungunya, fiebre amarilla y otras enfermedades (Morrison, 2008). Este mosquito puede ser reconocido por las marcas blancas en las patas y por la marca de lira que en la parte superior del tórax. Este mosquito se originó en África (Mousson, 2005), pero actualmente se encuentra en zonas tropicales, subtropicales y templadas alrededor del mundo (Eisen y Moore, 2013).

Sólo la hembra se alimenta de sangre, la cual necesita para que maduren sus huevos. Para encontrar un huésped, estos mosquitos son atraídos por los compuestos químicos emitidos por los mamíferos, incluidos el amoníaco, el dióxido de carbono, el ácido láctico y el octenol (O'Brien, 2010).

La distribución del mosquito *Ae. aegypti* ha aumentado en las últimas tres décadas en todo el mundo, y se considera una de las especies de mosquitos más extendidas en el planeta. (Kraemer, *et al.*, 2015)

3.6.2 Factores climáticos

El mosquito *Ae. aegypti* necesita ciertas condiciones climáticas para poder desarrollarse. La temperatura y el nivel de precipitaciones son críticas para esta especie.

Varios estudios han demostrado que la abundancia de mosquitos *Aedes* se ve afectada por la temperatura del aire y la lluvia (Mellor y Leake, 2000). Se ha encontrado que las variaciones en el clima pueden inducir grandes variaciones en poblaciones modeladas de *Ae. aegypti* a escala global (Hopp y Foley, 2003). Las asociaciones en conjunto entre la temperatura, humedad relativa y precipitación en la transmisión del dengue, son fuertes y consistentes (Cassab, 2011).

La relación entre el desarrollo del mosquito y la temperatura es una de las claves para comprender la dinámica actual y futura, y la distribución de las enfermedades transmitidas por vectores (Paaijmans, *et al.*, 2011).

Stein y colaboradores (2005) demostraron en un estudio la correlación entre la oviposición y las precipitaciones, pues los períodos de mayor actividad de *Ae. aegypti* ocurrieron en el final de la primavera, comienzos del verano y en el inicio del otoño. García y García (2011), encontraron que los valores de mayor asociación de las correlaciones entre la abundancia poblacional de hembras se obtuvieron con la mayor precipitación y con la temperatura promedio, a cero meses de retraso. También encontraron que la mayor actividad de apareamiento y ovipostura de *Ae. aegypti* se observa a temperaturas de 29°C y 30°C, lo que sugiere que esta es óptima para la actividad reproductiva del insecto. Por otro lado, Micieli y colaboradores (2006) encontraron que temperaturas bajas de 13°C a 15°C no tuvieron correlación significativa con el mosquito.

LITERATURA CITADA

- Alphey, L. (2014). Genetic Control of Mosquitoes. In M. R. Berenbaum (Ed.), *Annual Review of Entomology, Vol 59, 2014* (Vol. 59, pp. 205-224). Palo Alto: Annual Reviews.
- Barrera, R. (2011). Spatial stability of adult *Aedes aegypti* populations. *The American journal of tropical medicine and hygiene*, 85(6), 1087-1092.
- Brown, B., Borkent, A., Cumming, J., Wood, D., Woodley, N. y Zumbado M. (Eds). 2009. Manual of Central American Diptera: Volume I. NRC Research Press Ottawa, Ontario. Canada. 714 p.
- Calisher, C. H. (2005). Persistent emergence of Dengue. *Emerging Infectious Diseases*, 11(5), 738-739.
- Calvo, E. P., Sanchez-Quete, F., Duran, S., Sandoval, I., & Castellanos, J. E. (2016). Easy and inexpensive molecular detection of dengue, chikungunya and zika viruses in febrile patients. *Acta Tropica*, 163, 32-37. doi:10.1016/j.actatropica.2016.07.021
- Cassab, A., Morales, V., & Mattar, S. (2011). Climatic factors and cases of dengue in Monteria, Colombia: 2003-2008. *Revista de Salud Pública*, 13(1), 115-128.
- Cigarroa-Toledo, N., Blitvich, B. J., Cetina-Trejo, R. C., Talavera-Aguilar, L. G., Baak-Baak, C. M., Torres-Chable, O. M., Machain-Williams, C. (2016). Chikungunya Virus in Febrile Humans and *Aedes aegypti* Mosquitoes, Yucatan, Mexico. *Emerging Infectious Diseases*, 22(10), 1804-1807. doi:10.3201/eid2210.152087
- Díaz-Quñonez, J. A., Ortiz-Alcántara, J., Fragoso-Fonseca, D. E., Garcés-Ayala, F., Escobar-Escamilla, N., Vázquez-Pichardo, M., López-Martínez, I. (2015). Complete genome sequences of chikungunya virus strains isolated in Mexico: first detection of imported and autochthonous cases. *Genome announcements*, 3(3), e00300-00315.
- Eisen, L., & Moore, C. G. (2013). *Aedes* (Stegomyia) *aegypti* in the continental United States: a vector at the cool margin of its geographic range. *Journal of medical entomology*, 50(3), 467-478.
- Foley, D. H., Rueda, L. M., & Wilkerson, R. C. (2007). Insight into global mosquito biogeography from country species records. *Journal of Medical Entomology*, 44(4), 554-567. doi:10.1603/0022-2585(2007)44[554:iigmbf]2.0.co;2
- García, C., García, L., Espinosa-Carreón, L., & Ley, C. (2011). Abundancia y distribución de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) y dispersión del dengue en Guasave Sinaloa, México. *Revista de Biología Tropical*, 59(4), 1609-1619.

- Getis, A., Morrison, A. C., Gray, K., & Scott, T. W. (2010). Characteristics of the spatial pattern of the dengue vector, *Aedes aegypti*, in Iquitos, Peru. In *Perspectives on Spatial Data Analysis* (pp. 203-225). Springer Berlin Heidelberg.
- Gomez-Dantés, H., & Willoquet, J. R. (2009). Dengue in the Americas: challenges for prevention and control. *Cadernos De Saude Publica*, 25, S19-S31.
- Grech, M. G., Ludueña-Almeida, F., & Almirón, W. R. (2010). Bionomics of *Aedes aegypti* subpopulations (Diptera: Culicidae) from Argentina. *Journal of Vector Ecology*, 35(2), 277-285.
- Gullan P. y Cranston P. (2014) *The Insects. An outline of entomology*. 5° edición. Wiley Blackwell.
- Guzmán, M. G., García, G., & Kourí, G. (2006). El dengue y el dengue hemorrágico: prioridades de investigación.
- Guzmán, M. G., & Kouri, G. (2002). Dengue: an update. *The Lancet infectious diseases*, 2(1), 33-42.
- Hernández-Ortiz, V., Delfín-González, H., Escalante-Tio, A., & Manrique-Saide, P. (2006). Hymenopteran parasitoids of *Anastrepha* fruit flies (Diptera: Tephritidae) reared from different hosts in Yucatan, Mexico. *Florida entomologist*, 89(4), 508-515.
- Honório, N. A., Silva, W. D. C., Leite, P. J., Gonçalves, J. M., Lounibos, L. P., & Lourenço-de-Oliveira, R. (2003). Dispersal of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae)
- Hopp, M. J., & Foley, J. A. (2003). Worldwide fluctuations in dengue fever cases related to climate variability. *Climate Research*, 25(1), 85-94.
- Ibáñez-Bernal, S., Strickman, D., & Martínez-Campos, C. (1996). Culicidae (Diptera). *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento*, 591-602.
- Islebe, G. A., Calmé, S., León-Cortés, J. L., & Schmook, B. (Eds.). (2015). *Biodiversity and Conservation of the Yucatán Peninsula*. Springer.
- Kraemer, M. U., Sinka, M. E., Duda, K. A., Mylne, A. Q., Shearer, F. M., Barker, C. M., ... & Hendrickx, G. (2015). The global distribution of the arbovirus vectors *Aedes aegypti* and *Ae. albopictus*. *elife*, 4.
- Llorente-Bousquets, J., y S. Ocegueda. 2008. Estado del conocimiento de la biota, en *Capital natural de México*, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Conabio, México, pp. 283-322.

- Manrique-Saide, P. y González, A. 2010. Moscas y Mosquitos En: Durán R. y M. Méndez (Eds). Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán. CICY, PPD-FMAM, CONABIO, SEDUMA. 496 p.
- Manrique-Saide, P., Ibáñez-Bernal, S., & Rodríguez-Vivas, I. (2005). Biología y control de moscas hematófagas de los animales domésticos. *Enfermedades de importancia económica en producción animal. México (DF): UADY-Mc Graw Hill*, 593-627.
- McAlpine, J. F. y Wood, D. (eds.). 1989. Manual of Nearctic Diptera Volume 3. Ottawa, Research Branch Agriculture Canada. 1581 p.
- Mellor, P. S., & Leake, C. J. (2000). Climatic and geographic influences on arboviral infections and vectors. *Revue Scientifique et Technique-Office International des Epizooties*, 19(1), 41-60.
- Micieli, M. V., García, J. J., Achinelly, M. F., & Martí, G. A. (2006). Dinámica poblacional de los estadios inmaduros del vector del dengue *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae): un estudio longitudinal (1996-2000). *Revista de biología tropical*, 54(3), 979-983.
- Molles, M. C. (2016). *Ecology: Concepts and applications*. Boston: WCB/McGraw-Hill.
- Morón, M. y Terrón, R. 1988. Entomología Práctica. Instituto de Ecología A. C. México, D. F. 504 p.
- Morón, M. y Valenzuela-González, J. 1993. Estimación de la biodiversidad de insectos en México; análisis de un caso. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*. 44:303-312.
- Morrison, A. C., Zielinski-Gutierrez, E., Scott, T. W., & Rosenberg, R. (2008). Defining challenges and proposing solutions for control of the virus vector *Aedes aegypti*. *PLoS medicine*, 5(3), e68.
- Mousson, L., Dauga, C., Garrigues, T., Schaffner, F., Vazeille, M., & Failloux, A. B. (2005). Phylogeography of *Aedes* (Stegomyia) *aegypti* (L.) and *Aedes* (Stegomyia) *albopictus* (Skuse)(Diptera: Culicidae) based on mitochondrial DNA variations. *Genetics Research*, 86(1), 1-11.
- Nájera-Vazquez, R., Dzul, F., Sabido, M., Tun-Ku, E., & Manrique-Saide, P. (2004). New distribution records of mosquitoes (Diptera: Culicidae) for Yucatan, Mexico. *Entomological News*, 115(4), 181-190.

- Nathan, M., & Dayal-Drager, R. (2006). Recent epidemiological trends, the global strategy and public health advances in dengue. *Report on Dengue*, 30-34.
- Nelson, M. J. (1986). *Aedes aegypti*: biología y ecología.
- O'Brien, D. (2010). ARS Study Provides a Better Understanding of How Mosquitoes Find a Host. *US Department, March*, 9.
- Ødegaard, F. (2000). How many species of arthropods? Erwin's estimate revised. *Biological Journal of the Linnean Society*, 71(4), 583-597.
- Odum, E. P., Ortega, A., & Teresatr, M. (2006). *Fundamentos de ecologia* (No. 574.5 O35).
- Otero, M., Solari, H. G., & Schweigmann, N. (2006). A stochastic population dynamics model for *Aedes aegypti*: formulation and application to a city with temperate climate. *Bulletin of mathematical biology*, 68(8), 1945-1974.
- Organization, W. H. (2007). Report of the Scientific working Group meeting on dengue.
- Ortega-Hernández, J. (2016). Making sense of 'lower' and 'upper' stem-group Euarthropoda, with comments on the strict use of the name Arthropoda von Siebold, 1848. *Biological Reviews*, 91(1), 255-273.
- Paaijmans, K. P., Imbahale, S. S., Thomas, M. B., & Takken, W. (2010). Relevant microclimate for determining the development rate of malaria mosquitoes and possible implications of climate change. *Malaria journal*, 9(1), 196.
- Pape, T. y Thompson, F. C. 2013. Systema Dipteriorum. The Biosystematic Database of World Diptera. Versión 1.5. Recuperado el 2 abril, 2017 de: <http://www.diptera.org/>.
- Pechenik J. (2015) Biology of the invertebrates. 7^o edición. McGraw-Hill.
- Pinkus Rendón, M. Á. (2010). El hombre y los artrópodos: un vínculo inalienable. *Península*, 5(2), 81-100.
- Reinert, J.F. (2000) New classification for the composite genus *Aedes* (Diptera: Culicidae: Aedini), elevation of subgenus *Ochlerotatus* to generic rank, reclassification of the other subgenera, and notes on certain subgenera and species. *Journal of the American Mosquito Control Association* 16(3): 175-188
- Rivera-Ávila, R. C. (2014). Fiebre chikungunya en México: caso confirmado y apuntes para la respuesta epidemiológica. *Salud pública de México*, 56(4), 402-404.
- Rodhain, F. (1997). Mosquito vectors and dengue virus-relationships. *Dengue and Dengue Hemorrhagic Fever*, 45-60.

- Rodriguez, G. A., Aybar, C. A. V., Claps, G. L., & de Grosso, M. S. L. (2015). Seasonal oviposition activity of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) in San Miguel de Tucuman, northwestern Argentina. *Florida Entomologist*, 98(4), 1241-1243.
- Rogers K. (2016). *Aedes*. Encyclopedia Britannica Inc.. Recuperado el 7 de abril 2017 de: <https://www.britannica.com/animal/Aedes>
- Rossi, G., & Almirón, W. (2004). Clave ilustrada para la identificación de larvas de mosquitos de interés sanitario encontradas en criaderos artificiales en la Argentina. *Buenos Aires: Fundación Mundo Sano*.
- Sallent, L. V., Diez, S. R., & Rivas, G. F. (2016). Zika virus infection or the future of infectious diseases. *Medicina Clinica*, 147(7), 300-305. doi:10.1016/j.medcli.2016.03.012
- Secretaría de Salud. Programa de Acción Específico 2007-2012 Dengue [monografía en internet]. México: Secretaría de Salud, 2008 [consultado en marzo de 2017]. Disponible en: <http://www.cenaprece.salud.gob.mx/descargas/pdf/dengue.pdf>
- Secretaría de Salud. Guía de Participación Comunitaria para la prevención y control del dengue, [monografía en internet]. México: Secretaría de Salud, 2015 [consultado en marzo de 2017]. Disponible en: http://www.cenaprece.salud.gob.mx/programas/interior/vectores/descargas/pdf/guia_patio_limpio.pdf.
- Silver, J. Service MW: Mosquito ecology: field sampling methods. 2008. In: London: Springer View Article Google Scholar.
- Smith, T. M., & Smith, R. L. (2015). *Elements of ecology* (No. 574.5 S662e19). Pearson.
- Stein, M., Oria, G. I., Almirón, W. R., & Willener, J. A. (2005). Fluctuación estacional de *Aedes aegypti* en Chaco, Argentina. *Revista de Saúde Pública*, 39, 559-564.
- Suaya, J. A., Shepard, D. S., Chang, M. S., Caram, M., Hoyer, S., Socheat, D., Nathan, M. B. (2007). Cost-effectiveness of annual targeted larviciding campaigns in Cambodia against the dengue vector *Aedes aegypti*. *Tropical Medicine & International Health*, 12(9), 1026-1036. doi:10.1111/j.1365-3156.2007.01889.x
- Tauber, M. J., Tauber, C. A., & Masaki, S. (1986). *Seasonal adaptations of insects*. Oxford University Press on Demand.
- Tejerina, E. F., Almeida, F. F. L., & Almirón, W. R. (2009). Bionomics of *Aedes aegypti* subpopulations (Diptera: Culicidae) from Misiones province, northeastern Argentina. *Acta tropica*, 109(1), 45-49.
- Thompson, J. N. (1994). *The coevolutionary process*. University of Chicago Press.

- Triplehorn, C. A., & Johnson, N. F. (2005). Study of insects. *United States of America, Thomson Brooks*.
- Vezzani, D., & Carbajo, A. E. (2008). *Aedes aegypti*, *Aedes albopictus*, and dengue in Argentina: current knowledge and future directions. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz*, 103(1), 66-74.
- Vorou, R. (2016). Zika virus, vectors, reservoirs, amplifying hosts, and their potential to spread worldwide: what we know and what we should investigate urgently. *International Journal of Infectious Diseases*, 48, 85-90.
- Wilkerson, R.C.; D. Strickman; I. FernándezSalas and S. Ibáñez-Bernal. (1993) Clave ilustrada para la identificación de las hembras de mosquitos anofelinos de México y Centroamérica. México, Secretaria de Salud. 46 pp.
- Yeates, D. K., Wiegmann, B. M., Courtney, G. W., Meier, R., Lambkin, C., & Pape, T. (2007). Phylogeny and systematics of Diptera: two decades of progress and prospects. *Zootaxa*, 1668(1), 565-590.
- Zapata-Peniche, A., Manrique-Saide, P., Rebollar-Téllez, E. A., Che-Mendoza, A., & Dzul-Manzanilla, F. (2007). Identificación de larvas de mosquitos (Diptera: Culicidae) de Mérida, Yucatán, México y sus principales criaderos. *Rev Biomed*, 18(1), 3-17.

1 **Variación estacional de *Aedes aegypti* (Diptera: culicidae) en cuatro localidades de**
2 **Yucatán.**

3 **Seasonal variation of *Aedes aegypti* (Diptera: culicidae) in four localities of Yucatan.**

4 Juan Manuel Chávez Trava^a, Abdiel Martín Park^{b*}, Pablo Manrique Saide^c, Hugo Delfín
5 González^d, Gabriela Olvera Gonzalez^e, Jorge Leirana Alcocer^f.

6 ^a Unidad Colaborativa de Bioensayos Entomológicos, Universidad Autónoma de Yucatán.
7 Carretera Mérida-Xmatkuil Km. 15.5. jm_chavez_trava@gmail.com

8 ^{*b} CONACYT- Unidad Colaborativa de Bioensayos Entomológicos. ampark27@gmail.com

9 ^c Unidad Colaborativa de Bioensayos Entomológicos, Universidad Autónoma de Yucatán.
10 Carretera Mérida-Xmatkuil Km. 15.5. pablo_manrique2000@hotmail.com

11 ^d Unidad de Posgrado Institucional, Universidad Autónoma de Yucatán. Carretera Mérida-
12 Xmatkuil Km. 15.5 gdelfin@correo.uady.mx

13 ^e Unidad Colaborativa de Bioensayos Entomológicos, Universidad Autónoma de Yucatán.
14 Carretera Mérida-Xmatkuil Km. 15.5. gabygzzo@gmail.com

15 ^f Departamento de Ecología, Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad
16 Autónoma de Yucatán. Carretera Mérida-Xmatkuil Km. 15.5. jleirana@correo.uady.mx

17

18

19

20 **Resumen**

21 El presente trabajo describe la variación estacional de *Aedes aegypti* en cuatro localidades
22 de Yucatán, durante un año. Se estimó la abundancia relativa de este insecto, así como los
23 cambios temporales de sus poblaciones. También se describe de manera independiente la
24 abundancia y estacionalidad de hembras alimentadas, hembras no alimentadas, y machos.
25 Para la colecta de huevos se usaron ovitrampas, y para la colecta de adultos BG-Sentinel
26 traps. Las cuatro localidades fueron Molas, Hacienda Tahdzibichén, San Pedro Chimay y
27 Tekik de Regil. Las cuatro son similares en tamaño y nivel socioeconómico, además de que
28 poseen un aislamiento relativo que evitara migraciones del mosquito, lo cual las hizo
29 candidatas ideales para el trabajo. La identificación de individuos se hizo con microscopio
30 estereoscópico, y los análisis estadísticos y gráficos se realizaron tanto con el programa R,
31 como con STATGRAPHICS Centurión XVI. Se detectó que en las cuatro localidades, los
32 aumentos o disminuciones en la cantidad de huevos y de adultos, dependieron de la
33 estación climática. Este trabajo servirá como base para medir eficacia y éxito de estrategias
34 de control de vectores.

35 Palabras Clave: Mosquitos, abundancia, temperatura, precipitación, Yucatán.

36

37 **Abstract**

38 The present work describes the seasonal variation of *Aedes aegypti* in four localities of
39 Yucatan, during a year. The relative abundance was estimated, as well as temporary changes. It is also
40 independently described, the abundance of bloodfed female, nonfed female and males. The egg
41 samplings were made using ovitraps, and for the adult collection, BG-Sentinel traps were used. The

42 localities were Molas, Hacienda Tahdzibichen, San Pedro Chimay and Tekik de Regil. They were
43 chosen because of its similar human population socioeconomic level and its isolation. We identify
44 mosquitos up to species level using a stereoscope. Statistics analysis and graphics were made with R
45 and STATGRAPHICS Centurion XVI. We found in the four localities that increases and decreases in
46 eggs and adults followed the season. This results will serve as a basis for comparing with future vector
47 control strategies and measure its success.

48

49 Keywords: Mosquitoes, abundance, temperature, rain, Yucatan.

50

51 **Introducción**

52 El mosquito *Ae. aegypti* es una especie de las regiones tropicales y
53 subtropicales del globo, generalmente dentro de los límites de 35° de latitud norte y 35° de
54 latitud sur que corresponden a una isoterma de 10 °C. Aun cuando el mosquito se ha
55 encontrado hasta los 45° de latitud norte, estas invasiones, que ocurren durante la estación
56 cálida, no sobreviven el invierno (Nelson, 1986).

57 En regiones tropicales y subtropicales la distribución estacional de los
58 mosquitos típicamente sigue los patrones de precipitaciones, mientras que en regiones
59 templadas la población está regulada por la duración y la intensidad del invierno, niveles de
60 precipitación y temperatura (Rossi y Almirón, 2004). Localmente, los números de esta
61 especie pueden variar sustancialmente a corta distancia, dependiendo de la disponibilidad
62 de sitios para poner sus huevos (Getis et al., 2013), lo cual está influenciado por el ser
63 humano (Barrera, 2011).

64 Esta especie destaca en el interior de las viviendas por sus hábitos
65 antropofílicos (Manrique-Saide et al., 2005). Los criaderos más importantes están en los
66 patios de las viviendas, los cuales se llenan principalmente con agua de lluvia (Hernández-
67 Ortiz et al., 2006).

68 El dengue, chikungunya y zika, comparten al mismo vector: el mosquito *Ae.*
69 *aegypti* (Calvo et al., 2016). El severo impacto socioeconómico de estas enfermedades está
70 siendo cada vez mejor documentado (Suaya et al., 2007). En México, las acciones para
71 controlar las poblaciones de *Ae. aegypti* se sustentan en a) el control químico de los estados
72 inmaduros y la eliminación física de los criaderos (campañas de descacharrización); b) el
73 control químico de los mosquitos adultos mediante insecticidas en tratamientos espaciales y
74 rociado intradomiliario focal, y c) estrategias de promoción de la salud y participación
75 comunitaria Patio limpio y cuidado del agua almacenada (SSA, 2008, 2014).

76 *Aedes aegypti* se cría en cuerpos de agua almacenada en distintos tipos de
77 contenedores dentro y alrededor de las viviendas humanas. Un método de control apropiado
78 es la eliminación de las fuentes de agua y criaderos, para lo que se ha recomendado el
79 manejo ambiental permanente, que tiene como objetivo modificar físicamente el entorno
80 donde se desarrolla y vive el mosquito para prevenir y minimizar la propagación del dengue
81 a través del contacto vector-humano. Trabajos de dinámica poblacional de esta especie se
82 han llevado a cabo en el continente americano (Rodríguez et al., 2015) y en México (García
83 et al., 2011), con la finalidad de conocer los patrones estacionales que sigue esta especie.

84 En el presente trabajo se realizó un monitoreo para conocer la variación
85 estacional de *Ae. aegypti* en Molas, Hacienda Tahdzibichén, San Pedro Chimay y Tekik de

86 Regil, localidades de Yucatán. Los resultados servirán como base para medir la efectividad
87 de futuras estrategias de control de vectores.

88 **Materiales y métodos**

89 *Área de estudio.* Se seleccionaron las siguientes localidades al sur de Mérida,
90 Yucatán; Molas, Tahdzibichén, San Pedro Chimay y Tekik de Regil. La colecta de huevos
91 se realizó con 100 ovitrampas por localidad de enero del 2017 a abril del 2018, y que se
92 colocaron en algún lugar del patio de cada casa que estuviera protegida del sol y de la
93 lluvia, así como de animales y niños. La colecta de adultos se realizó con 25 BG-Sentinel
94 traps por localidad de mayo del 2017 a Abril del 2018, las cuales se colocaron en exteriores
95 de casas, protegidos de la lluvia y el sol. Se seleccionaron las casas por conveniencia,
96 tratando de abarcar toda la localidad, y tratando de mantener las trampas equidistantes.

97 Las localidades del estudio presentan un clima cálido subhúmedo con lluvias
98 en verano o Aw“o(x’) (i)g de acuerdo con la clasificación de Köppen modificada por
99 García y colaboradores. (1989). La temperatura media anual es de 24.1 °C, la temperatura
100 máxima promedio es alrededor de 36°C y se presenta en el mes de mayo, la temperatura
101 mínima promedio es de 16°C y se presenta en el mes de enero. La precipitación media
102 estatal es de 1100 mm anuales, las lluvias se presentan en verano en los meses de junio a
103 octubre. (INEGI, 2010).

104 Las cuatro localidades son óptimas para un muestreo de este tipo, ya que
105 cuentan con un aislamiento relativo de otras comunidades, pues el mosquito *Ae. aegypti* no
106 suele volar a más de 100 metros de distancia (Harrington et al., 2005). Se les puede

107 considerar poblaciones cerradas, ya que entre cada una de las localidades, hay un mínimo
108 de 2 kilómetros de distancia.

109 Molas, Hacienda Tahdzibichén y San Pedro Chimay son comisarías de la
110 ciudad de Mérida, capital del Estado de Yucatán. Tekik de Regil es comisaría del municipio
111 de Timucuy. Según el último censo del 2010, Molas cuenta con 1859 habitantes,
112 Tahdzibichén 724, San Pedro Chimay 1241 y Tekik de Regil 1847.

113 *Base de datos.* Con la información de la colecta de los muestreos semanales de
114 huevos y adultos, se construyeron dos bases de datos separadas, uno para huevos y otro
115 para adultos. A su vez, la temporalidad se clasificó en estaciones (seca, de lluvias, y de
116 nortes).

117 *Análisis de datos.* Se realizó una ANOVA multifactorial para huevos, donde la
118 variable dependiente eran los huevos, los factores fueron la estación y el sitio, y el número
119 de semana fue una covariable. Este procedimiento ejecuta un análisis de varianza de varios
120 factores para huevos. Realiza varias pruebas y gráficas para determinar qué factores tienen
121 un efecto estadísticamente significativo sobre los huevos. También evalúa la significancia
122 de las interacciones entre los factores, si es que hay suficientes datos.

123 Se realizó también una ANOVA multifactorial para adultos, donde la variable
124 dependiente fue el total de adultos, y los factores la estación y el sitio.

125 *Cambios temporales de la prevalencia y abundancia de huevos y adultos.* Para
126 describir y evaluar los cambios temporales de la abundancia y prevalencia de *Ae. aegypti*
127 durante el año de colecta en las cuatro localidades, los datos de la positividad y número
128 promedio de huevos y adultos (total de abundancia, total de hembras alimentadas y total de

129 machos) se realizó un gráfico lineal con la abundancia de *Ae. aegypti* representada en el eje
130 de las ordenadas (y) y el tiempo de colecta en el eje de la abscisas (x).

131 **Resultados**

132 El porcentaje de casas positivas en las cuatro localidades fue alrededor del 40%
133 en época se secas, excepto en Tekik de Regil, donde se observaron valores mayores del
134 40% al principio del año (Figura 1). Entre las semanas 20 y 23 se observan incrementos del
135 porcentaje de casas positivas en todas las localidades. La mayor cantidad de casas positivas
136 (>60%) se observó entre las semanas 30 a 40 en todas las localidades, posteriormente el
137 porcentaje de casas positivas disminuye paulatinamente.

138 *Abundancia de Huevos.* La abundancia de huevos en las cuatro localidades fue
139 menor de 40 huevos por casa en época de secas, pero a partir de la semana 23 se observan
140 incrementos alcanzando picos máximos alrededor de la semana 30 (89 huevos por casa en
141 San Pedro Chimay, 1389 huevos por casa en Tahdzibichén, 150 huevos por casa en Tekik
142 de Regil y 171 huevos por casa en Molas). Posterior a la semana 30, se observan
143 decrementos constantes en el número de huevos por casa. Al final de año se observa que las
144 abundancias de las localidades fueron menores de 40 huevos por casa en las localidades en
145 San Pedro Chimay y Tahdzibichén, pero no en Tekik de Regil ni en Molas.

146 *Prevalencia de huevos.* El patrón estacional del porcentaje de casas positivas en
147 las cuatro localidades fue similar en ambas temporadas. El porcentaje de casas positivas fue
148 menor del 50% en época se secas, al principio de la época de lluvias se incrementó hasta el
149 80% entre la semana 19 y la semana 25, alcanzando máximos valores en el pico de la

150 temporada de lluvia (alrededor de la semana 30). Posteriormente el porcentaje de casas
 151 positivas disminuyó a valores del menos del 20%

152 *Abundancia de adultos.* La abundancia total de adultos en las cuatro localidades
 153 fue de menos de 25 individuos por casa y la abundancia de hembras alimentadas y la
 154 abundancia de machos en las cuatro localidades fue menos de 10 individuos por casa en
 155 épocas de secas. A partir de la semana 25 se observan incrementos alcanzando picos
 156 máximos alrededor de la semana 30 solo en las localidades de San Pedro Chimay y
 157 Hacienda Tahdzibichén. Los picos más pronunciados se observan en las localidades de San
 158 Pedro Chimay y Hacienda Tahdzibichén en los tres indicadores. Posterior a la semana 30,
 159 se observan decrementos constantes en el número de adultos por casa. Al final de año se
 160 observa que las abundancias de las localidades fueron similares o iguales a las abundancias
 161 observadas de la semana 1-25.

162 *Resultado de la ANOVA Multifactorial de Huevos*

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
COVARIABLES					
Semana	974970.	1	974970.	0.23	0.63
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Estación	1.02 ⁹	2	5.13 ⁸	123.19	0.00
B:Sitio	2.22 ⁸	3	7.42 ⁷	17.81	0.00
INTERACCIONES					
AB	6.36 ⁷	6	1.06 ⁷	2.54	0.02
RESIDUOS	9.62 ⁸	231	4.16 ⁶		
TOTAL (CORREGIDO)	2.30 ⁹	243			

163

164 El efecto de la interacción entre factores fue significativo. Molas y Tekik fueron
 165 las localidades con mayor número de huevos. En la estación de lluvias fue mayor la
 166 abundancia de huevos en los 4 sitios (Fig 5).

167

168

Resultado de la ANOVA multifactorial de adultos.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Estación	9.14 ⁶	2	4.57 ⁶	37.03	0.0000
B:Sitio	328437.	3	109479.	0.89	0.45
INTERACCIONES					
AB	494015.	6	82335.9	0.67	0.67
RESIDUOS	2.27 ⁷	184	123434.		
TOTAL (CORREGIDO)	3.28 ⁷	195			

169

170 Se encontró que hubo diferencia significativa entre las estaciones para adultos,
171 siendo la estación de lluvias donde hubo mayor cantidad de adultos.

172 Discusión

173 Factores meteorológicos como temperatura, lluvia y la humedad pueden influir
174 en el desarrollo de mosquitos, el crecimiento de la población, y las interacciones entre los
175 mosquitos y los humanos (Jetten y Focks, 1997). Se ha demostrado que las lluvias y las
176 inundaciones son factores importantes para que las hembras de *Aedes aegypti* tengan sitios
177 de reproducción apropiados, lo que aumenta la densidad de mosquitos (Lindsay y
178 Mackenzie, 1997) En las cuatro localidades se encontró que tanto la positividad de las
179 casas, como el número neto de huevos y adultos aumentó, con un retraso de una semana a
180 partir de que empiezan las lluvias. La cantidad de huevos aumentó drásticamente una
181 semana posterior al inicio de lluvias, lo cual concuerda con Silva y colaboradores, que
182 usando el método de ovitrampas, demostraron en Brasil que la densidad de población de
183 mosquitos está directamente influenciada por las variables climáticas, y que actuaban como
184 factor limitante (Silva et al., 2018).

185 Estallo y colaboradores (2015) encontraron en un estudio en Argentina que las
186 variables más importantes que influyen en las poblaciones de *Ae. aegypti* fueron la

187 temperatura mínima y el nivel de precipitación. Esto concuerda con lo que dijeron Rosy y
188 Almirón (2004), acerca de las regiones templadas del planeta. En nuestro estudio, realizado
189 en una zona tropical del planeta, la temperatura no parece influir tanto como las
190 precipitaciones, en las abundancias del mosquito.

191 En Puerto Rico, cuyo clima es similar al de las localidades del estudio, Barrera
192 y colaboradores (2011) evidenciaron efectos significativos de la lluvia, la temperatura y el
193 comportamiento humano en la dinámica temporal de *Ae. aegypti* y dengue en el norte de
194 Puerto Rico. Miyazaki y colaboradores (2009) concluyeron en que la lluvia fue el único
195 factor abiótico que influyó en el nivel de infestación del mosquito, en Brasil, lo cual
196 coincide con los resultados de nuestro estudio.

197 El presente trabajo describe a lo largo de un año el comportamiento del
198 mosquito *Ae. aegypti*, lo cual puede ser la base para futuros trabajos que tengan como
199 objetivo medir la eficacia de cualquier método de control de vectores.

200 Agradecemos al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo
201 económico, así como al personal de laboratorio y campo de la Unidad Colaborativa para
202 Bioensayos Entomológicos, quienes fueron vitales en todos los muestreos e identificación
203 de mosquitos.

204

205

206 **Referencias**

207 Barrera, R. (2011). Spatial stability of adult *Aedes aegypti* populations. *The American*
208 *journal of tropical medicine and hygiene*, 85(6), 1087-1092.

- 209 Biogents (2006) Instruction Manual for the Biogents Sentinel. Consultado el 10 de Marzo
210 del 2017. Disponible en: [https://www.bg-sentinel.com/downloads/BG-](https://www.bg-sentinel.com/downloads/BG-Sentinel_Manual.pdf)
211 [Sentinel_Manual.pdf](https://www.bg-sentinel.com/downloads/BG-Sentinel_Manual.pdf)
- 212 Carpenter, S. J., & LaCasse, W. J. (1965). *Mosquitoes of North America*: Univ of
213 California Press.
- 214 Calvo, E. P., Sanchez-Quete, F., Duran, S., Sandoval, I., & Castellanos, J. E. (2016). Easy
215 and inexpensive molecular detection of dengue, chikungunya and zika viruses in
216 febrile patients. *Acta Tropica*, 163, 32-37. doi:10.1016/j.actatropica.2016.07.021
- 217 Estallo, E. L., Ludueña-Almeida, F. F., Introini, M. V., Zaidenberg, M., & Almirón, W. R.
218 (2015). Weather variability associated with *Aedes* (Stegomyia) *Aegypti* (Dengue
219 vector) Oviposition dynamics in northwestern Argentina. *PloS one*, 10(5),
220 e0127820.
- 221 García, C., García, L., Espinosa-Carreón, L., & Ley, C. (2011). Abundancia y distribución
222 de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) y dispersión del dengue en Guasave Sinaloa,
223 México. *Revista de Biología Tropical*, 59(4), 1609-1619.
- 224 García, E., Vidal R. y Hernández M. 1989. Las regiones climáticas de México. En: García
225 de Fuentes, A. (ed.). Atlas Nacional de México, Instituto de Geografía, UNAM,
226 vol. 2, cap. IV, núm. 10, Mapa escala 1:12 000 000.
- 227 Getis, A., Morrison, A. C., Gray, K., & Scott, T. W. (2010). Characteristics of the spatial
228 pattern of the dengue vector, *Aedes aegypti*, in Iquitos, Peru. In *Perspectives on*
229 *Spatial Data Analysis*(pp. 203-225). Springer Berlin Heidelberg.

- 230 Harrington, I. C., Scott, T. W., Lerdthusnee, K., Coleman, R. C., Costero, A., Clark, G., . . .
231 Edman, J. D. (2005). Dispersal of the dengue vector *Aedes aegypti* within and
232 between rural communities. *The American Journal of Tropical Medicine and*
233 *Hygiene*, 72(2), 209-220.
- 234 Hernández-Ortiz, V., Delfín-González, H., Escalante-Tio, A., & Manrique-Saide, P. (2006).
235 Hymenopteran parasitoids of *Anastrepha* fruit flies (Diptera: Tephritidae) reared
236 from different hosts in Yucatan, Mexico. *Florida Entomologist*, 89(4), 508-515.
- 237 INEGI (2010) Climatología de México. Consultado el 14 de Mayo del 2018. Disponible en:
238 <http://www.beta.inegi.org.mx/temas/mapas/climatologia/>
- 239 Jetten, T. H., & Focks, D. A. (1997). Potential changes in the distribution of dengue
240 transmission under climate warming. *The American Journal of Tropical Medicine*
241 *and Hygiene*, 57(3), 285-297
- 242 Lindsay, M., & Mackenzie, J. (1997). Vector-borne viral diseases and climate change in the
243 Australian region: major concerns and the public health response. *Climate Change*
244 *and Human Health in the Asia-Pacific Region*. Sydney: Australian Medical
245 Association and Greenpeace International, 47-62.
- 246 Manrique-Saide, P., Ibáñez-Bernal, S., & Rodríguez-Vivas, I. (2005). Biología y control de
247 moscas hematófagas de los animales domésticos. *Enfermedades de importancia*
248 *económica en producción animal*. México (DF): UADY-Mc Graw Hill, 593-627.
- 249 Miyazaki, R. D., Ribeiro, A. L. M., Pignatti, M. G., Campelo Júnior, J. H., & Pignatti, M.
250 (2009). Monitoring of *Aedes aegypti* mosquitoes (Linnaeus, 1762)(Diptera:

- 251 Culicidae) by means of ovitraps at the Universidade Federal de Mato Grosso
252 Campus, Cuiabá, State of Mato Grosso. *Revista da Sociedade Brasileira de*
253 *Medicina Tropical*, 42(4), 392-397.
- 254 Nelson, M. J. (1986). *Aedes aegypti*: biología y ecología.
- 255 Rodriguez, G. A., Aybar, C. A. V., Claps, G. L., & de Grosso, M. S. L. (2015). Seasonal
256 oviposition activity of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) in San Miguel de
257 Tucuman, northwestern Argentina. *Florida Entomologist*, 98(4), 1241-1243
- 258 Rossi, G., & Almirón, W. (2004). Clave ilustrada para la identificación de larvas de
259 mosquitos de interés sanitario encontradas en criaderos artificiales en la Argentina.
260 *Buenos Aires: Fundación Mundo Sano*.
- 261 Secretaría de Salud (2015) Guía de Participación Comunitaria para la prevención y control
262 del dengue, [monografía en internet]. [Consultado en marzo de 2017]. Disponible
263 en: [http://www.cenaprece.salud.gob.mx/programas/interior/vectores/descargas/pdf](http://www.cenaprece.salud.gob.mx/programas/interior/vectores/descargas/pdf/guia_patio_limpio.pdf)
264 [/guia_patio_limpio.pdf](http://www.cenaprece.salud.gob.mx/programas/interior/vectores/descargas/pdf/guia_patio_limpio.pdf).
- 265 Secretaría de Salud (2008) Programa de Acción Específico 2007-2012 Dengue [monografía
266 en internet]. [Consultado en marzo de 2017]. Disponible
267 en: <http://www.cenaprece.salud.gob.mx/descargas/pdf/dengue.pdf>
- 268 Silva, S. O. F., Ferreira de Mello, C., Figueiró, R., de Aguiar Maia, D., & Alencar, J.
269 (2018). Distribution of the Mosquito Communities (Diptera: Culicidae) in
270 Oviposition Traps Introduced into the Atlantic Forest in the State of Rio de
271 Janeiro, Brazil. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases*, 18(4), 214-221.

272 Silver, J. Service MW (2008) : Mosquito ecology: field sampling methods.In: London:
273 Springer View Article Google Scholar.

274 Suaya, J. A., Shepard, D. S., Chang, M. S., Caram, M., Hoyer, S., Socheat, D. Nathan, M.
275 B. (2007). Cost-effectiveness of annual targeted larviciding campaigns in
276 Cambodia against the dengue vector *Aedes aegypti*. *Tropical Medicine &*
277 *International Health*, 12(9), 1026-1036. doi:10.1111/j.1365-3156.2007.01889.x

278

279

280

281

282

283

284

285

286

287

288

289

290

291

292

293

294

295

296

297 **Figuras**

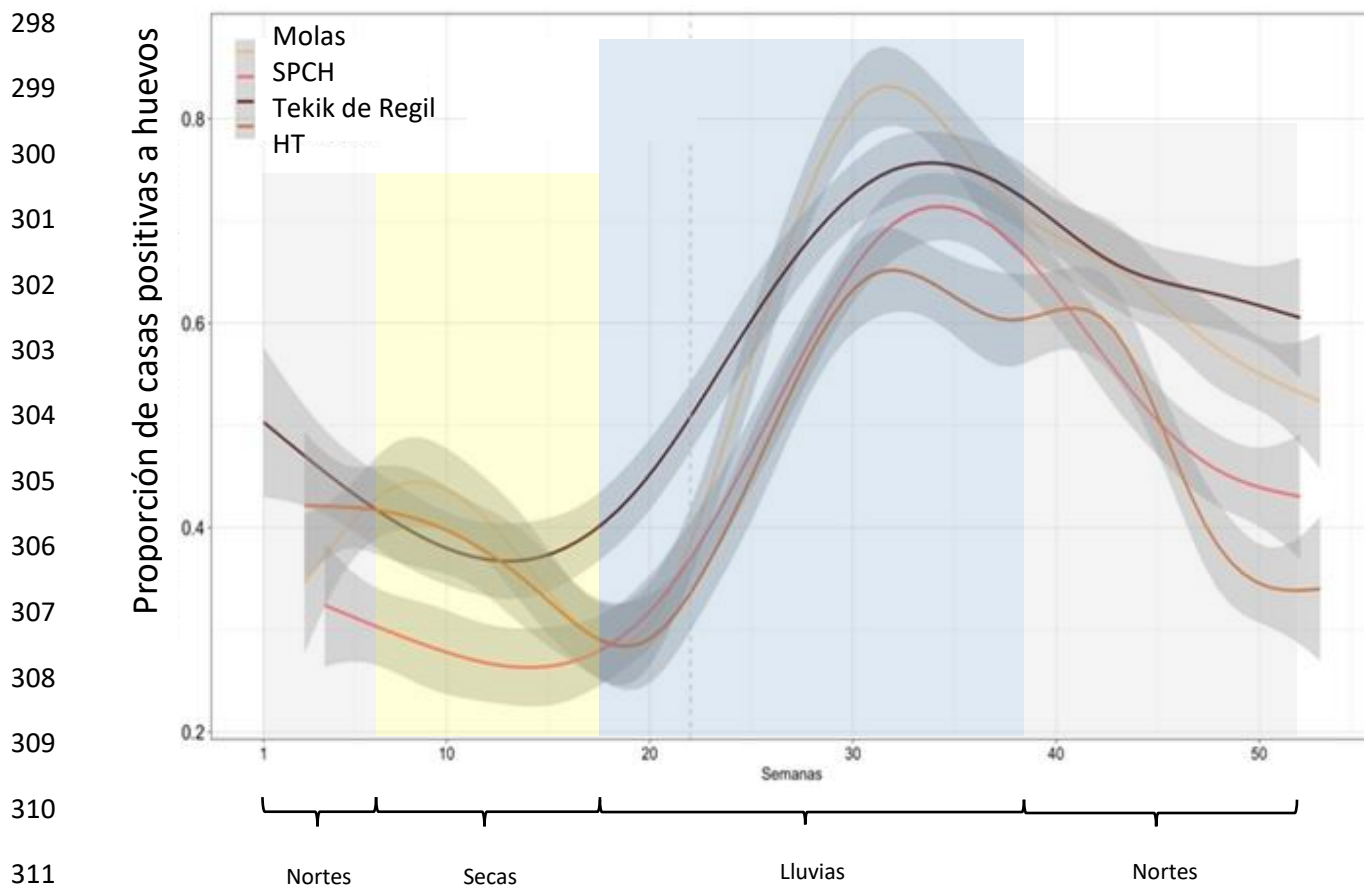
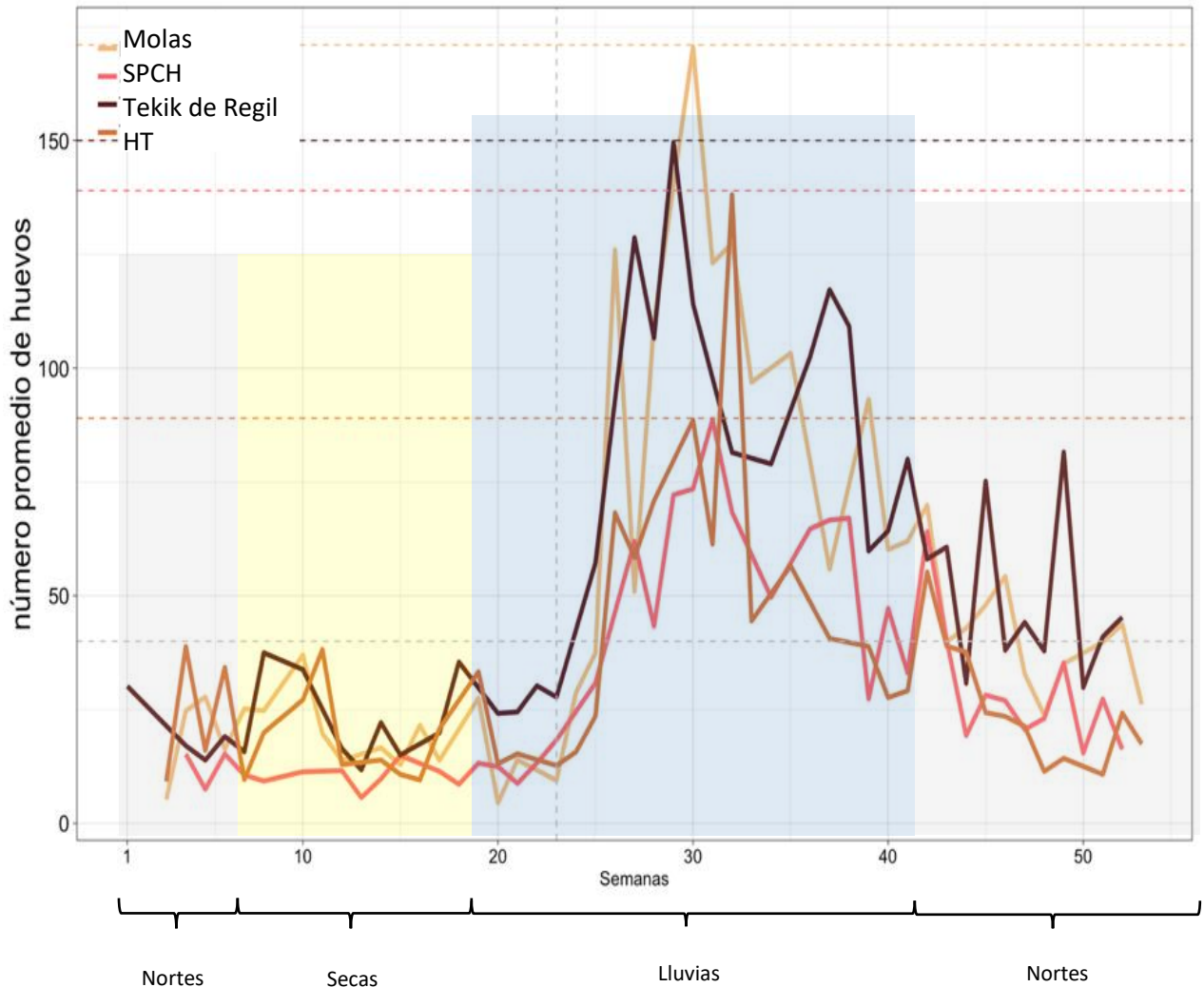


Figura 1. Proporción de casas positivas a huevos de *Ae. aegypti* por semana en las cuatro localidades de estudio durante 2017.

324

325



326

327

328

329

330

Figura 2. Abundancia de huevos de *Ae. aegypti* por semana en las cuatro localidades de estudio durante el 2017. La línea horizontal y vertical punteada representa el valor de 40 huevos y la semana 23. Las líneas horizontales representan el pico máximo de huevos por localidad apareada con el color correspondiente de cada localidad.

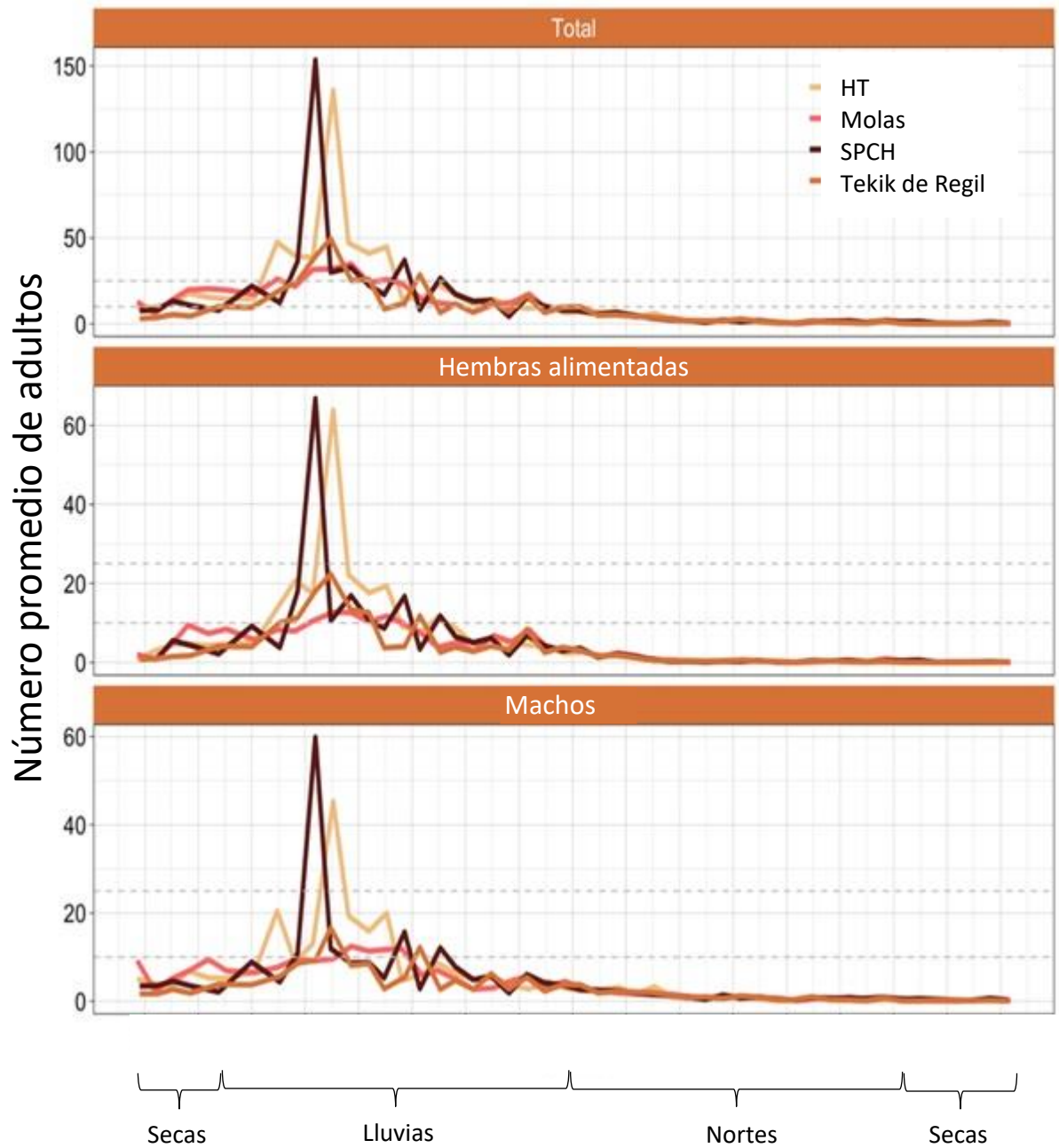
331

332

333

334

335



336

337

338

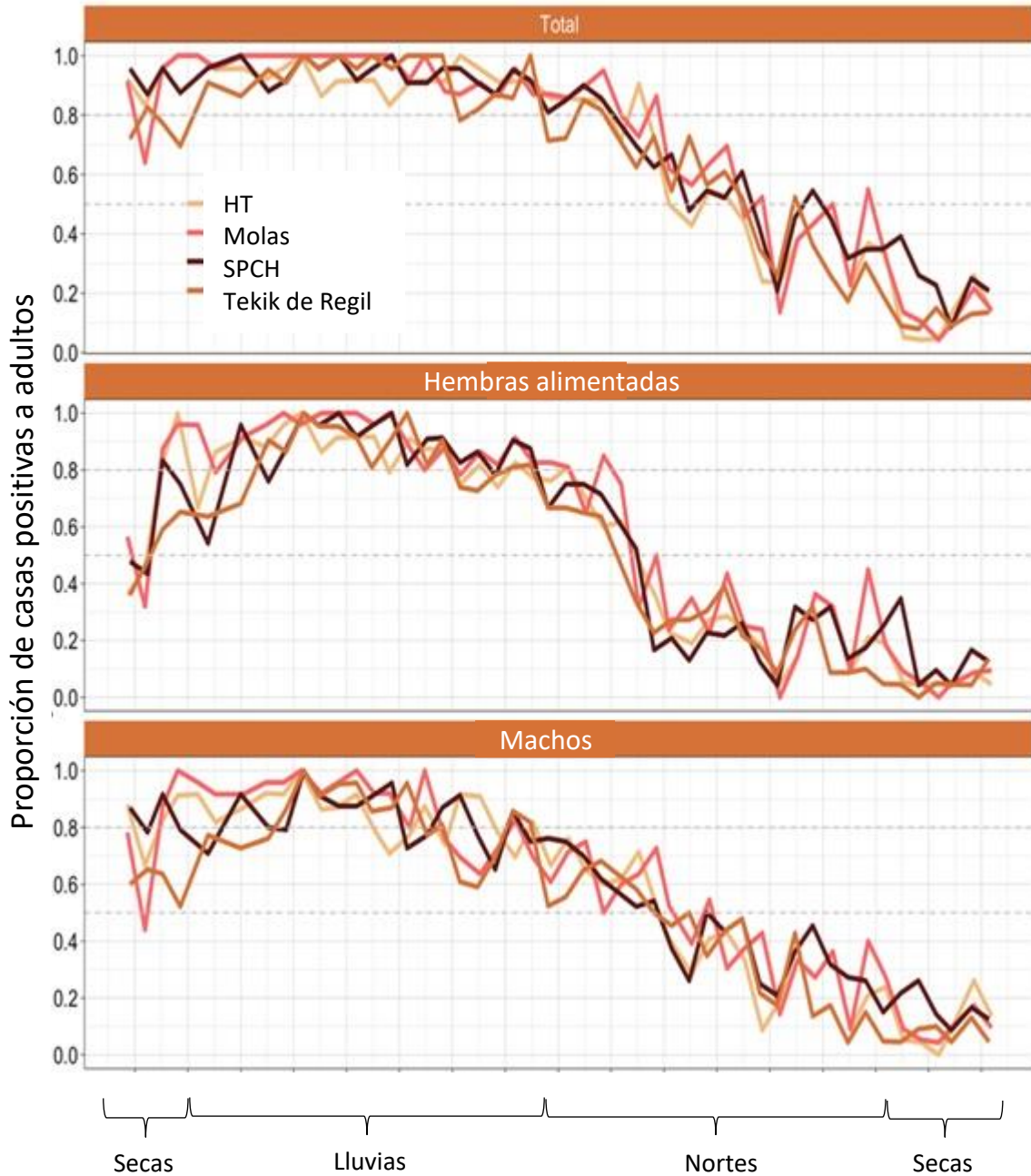
339

Fig 3. Promedio de adultos de *Ae. aegypti* por semana en las cuatro localidades de estudio durante el 2017-2018.

340

341

342



343

344

345

346

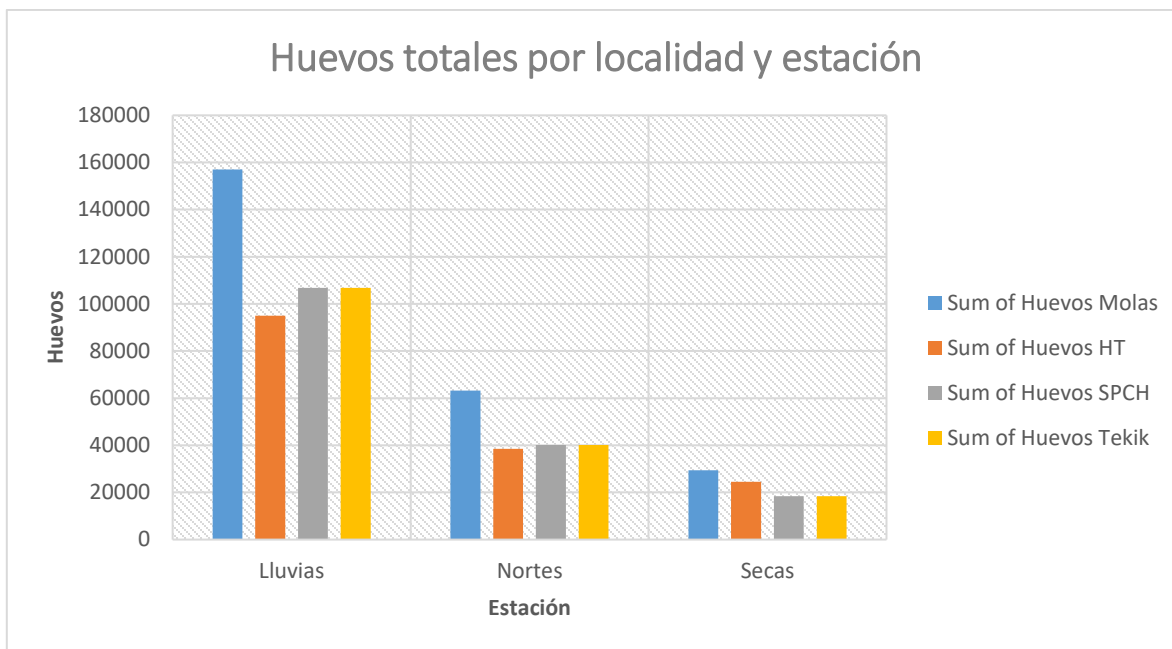
347

348

349

350

Fig 4. Abundancia de adultos de *Ae. aegypti* por semana en las cuatro localidades de estudio durante el 2017-2018. Las semanas 19 a 52 corresponden al año 2017 y las semanas 1-15 corresponden al año 2018.



351

352 Fig 5. Comparación de la suma de huevos por localidad entre estaciones.

353

354

355

356

357

358

359

360