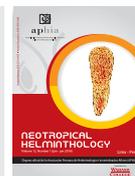




Neotropical Helminthology



ORIGINAL ARTICLE / ARTÍCULO ORIGINAL

INFLUENCE OF SOME METEOROLOGICAL VARIABLES IN THE MODULATION OF POPULATION DYNAMICS OF MOSQUITOS (DIPTERA: CULICIDAE) WITH THE IMPORTANCE ENTOMO-EPIDEMIOLOGIC FACTORS IN THE VILLA CLARA PROVINCE, CUBA

INFLUENCIA DE ALGUNAS VARIABLES METEOROLÓGICAS EN LA MODULACIÓN DE LA DINÁMICA POBLACIONAL DE MOSQUITOS (DIPTERA: CULICIDAE) CON IMPORTANCIA ENTOMOEPIDEMIOLÓGICA EN LA PROVINCIA VILLA CLARA, CUBA

Rigoberto Fimia Duarte^{1*}; Ricardo Osés Rodríguez²; Julio Cesar Castillo Cuencas³; José Iannacone^{4,5}; Pedro María Alarcón-Elbal⁶; Marinice Paul³ & Omelio Cepero Rodríguez³

^{1*} Facultad de Tecnología de la Salud. Universidad de Ciencias Médicas de Villa Clara, Cuba.
E-mail: rigobertofd@infomed.sld.cu

² Centro Meteorológico Provincial de Villa Clara. E-mail: ricardo.oses@vcl.insmet.cu

³ Universidad Central «Marta Abreu» de Las Villas. Villa Clara, Cuba.
E-mail: juliocc@uclv.edu.cu, omelioc@uclv.edu.cu

⁴ Laboratorio de Ecología y Biodiversidad Animal. Universidad Nacional Federico Villarreal (UNFV).

⁵ Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Ricardo Palma (URP). Lima, Perú. E-mail: joseiannacone@gmail.com

⁶ Instituto de Medicina Tropical & Salud Global (IMTSAG), Universidad Iberoamericana (UNIBE), Santo Domingo, República Dominicana. E-mail: pedro.alarcon@uv.es. Autor para correspondencia: rigobertofd@infomed.sld.cu

ABSTRACT

The present work aimed to determine the influence of meteorological variables on the larval populations of culicids emphasizing entomo-epidemiologic factors, keeping in mind the mathematical modulation, between 2008 and 2015 in the Villa Clara province, Cuba. The pattern used the predictive modulation Regressive Objective Regression (ROR), defined as variable answers: the general and specific larval densities and as explanatory variables and the meteorological variables: relative humidity, temperature, precipitation, cloud cover, wind and atmospheric pressure. *Anopheles albimanus* (Wiedemann, 1821), *Culex quinquefasciatus* (Say, 1823), *Cx. nigripalpus* (Theobald, 1901), *Stegomyia aegypti* (Linnaeus, 1762) and *St. albopictus* (Skuse, 1894) are culicid species with more importance entomo-epidemiologically and of wider distribution in the province. The general and specific larval densities showed a recurrent and seasonal behavior, with increased values between May and October, coinciding with the rainy season in Cuba. The temperature, relative humidity, wind and atmospheric pressure turned out to be excellent predictors of the population dynamics of culicids. The importance of entomo-epidemiological factors in the transmission of illnesses to human and animal populations. The predictive model for the general and specific larval densities based on the meteorological variables can help to elucidate the population dynamics of urban and rural mosquitos and their impact on the risk of transmission of illness, allowing better predictive scenarios to support the implementation of better control strategies.

Keywords: population dynamics – entomo-epidemiologic – modulation – mosquitoes – Regressive Objective Regression – meteorological variables – Villa Clara

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo determinar la influencia que ejercen algunas variables meteorológicas en las poblaciones larvales de culícidos con importancia entomoepidemiológica, teniendo en cuenta la modulación matemática durante el periodo comprendido, desde el año 2008 al 2015 en la provincia Villa Clara, Cuba. El modelo predictivo empleado fue la modulación Regresión Objetiva Regresiva (ROR), donde se definieron como variables respuestas: las densidades larvales general y específica, y como variables explicativas: las variables meteorológicas: humedad relativa, temperatura, precipitación, nubosidad, velocidad media del viento y presión atmosférica. *Anopheles albimanus* (Wiedemann, 1821), *Culex quinquefasciatus* (Say, 1823), *Cx. nigripalpus* (Theobald, 1901), *Stegomyia aegypti* (Linnaeus, 1762) y *St. albopictus* (Skuse, 1894) se encuentran dentro de las principales especies de culícidos con mayor importancia entomoepidemiológica y de más amplia distribución en la provincia. Las densidades larvales general y específica mostraron un comportamiento cíclico y estacional, con valores altos en los meses de mayo a octubre, coincidiendo con el periodo lluvioso en Cuba. La temperatura, la humedad relativa, la velocidad media del viento y la presión atmosférica resultaron ser excelentes predictores de la dinámica poblacional de culícidos con importancia entomoepidemiológica y por tanto, de la transmisión de enfermedades, tanto a la población humana como animal. Los modelos predictivos para las densidades larvales general y específicas basados en las variables meteorológicas pueden ayudar a dilucidar las dinámicas poblacionales de mosquitos urbanos y rurales y su impacto sobre el riesgo de transmisión de enfermedades, permitiendo así que mejores escenarios predictivos sean desarrollados y respalden la implementación de mejores estrategias de control.

Palabras clave: Dinámica poblacional – entomoepidemiológica – modulación – mosquitos – Regresión Objetiva Regresiva – variables meteorológicas – Villa Clara

INTRODUCCIÓN

Millones de personas padecen de infecciones transmitidas por artrópodos vectores; entre ellos, los culícidos son sin duda los de mayor importancia higiénico-sanitaria, porque constituyen uno de los problemas prioritarios de salud en casi todas las regiones tropicales y subtropicales (Turell *et al.*, 2006; Ngoagouni *et al.*, 2015) y son responsables del mantenimiento y transmisión de los agentes patógenos que causan Dengue, Fiebre Amarilla, Fiebre del Nilo Occidental, Chikungunya, Zika, Malaria, Filariosis linfática, entre otras infecciones mortales y debilitantes (Lebl *et al.*, 2015; Ferguson *et al.*, 2016; Gould *et al.*, 2017).

En las Américas, la fiebre amarilla sigue siendo una amenaza persistente (Vasconcelos, 2017). Entre 1985 y 2012 hubo 4 066 casos confirmados de fiebre amarilla, de los cuales murieron 2 351 (58%). Entre 1980 y 2012 se han reportado 150 brotes de fiebre amarilla en 26 países africanos, con más de 200 000 casos ocurridos globalmente

(WHO, 2014a; Wasserman *et al.*, 2016). De diciembre a febrero de 2017, un brote de fiebre amarilla afectó a Brasil, con 1 345 casos sospechosos, 295 confirmados y 215 muertes (Ministério da Saúde-Brasil, 2017).

El dengue se ha extendido en las recientes décadas y continua siendo la principal arbovirosis (Gubler, 2002; Lambrechts *et al.*, 2010; Bhatt *et al.*, 2013) y han emergido, el Chikungunya y Zika en los últimos años (Cauchemez *et al.*, 2014; Zanluca *et al.*, 2015; Fauci & Morens, 2016; CDC, 2017). La malaria continúa siendo el principal problema de salud de etiología parasitaria en el mundo (WHO, 2014b, 2015). Un estimado de 429 000 muertes fueron registradas en el 2015. Alrededor del 90% de las muertes relacionadas con la malaria a nivel global ocurren en África, siendo el 70% de estas muertes en niños menores de cinco años de edad (WHO, 2016).

En Cuba la incidencia de estas entidades, tanto parasitarias como virales, es sin duda alguna, un problema de salud (MINSAP, 2016a), con

tendencia al aumento del número de casos, así como de las poblaciones de organismos vectores (Fimia *et al.*, 2015, 2016a; MINSAP, 2016b).

La emergencia y reemergencia de las infecciones arbovíricas son un fenómeno en incremento en esta última década. La epidemiología cambiante y los factores responsables de esta resurgencia dramática de dichas enfermedades son complejos (Fimia *et al.*, 2012b; Fimia *et al.*, 2015; Alkhalidy, 2017). Una amplia proporción de enfermedades de humanos son zoonóticas. Además, cambios demográficos, sociales y ambientales globales y/o focales han conducido a la expansión de la infección a humanos (Gould & Higgs, 2009; Altizer *et al.*, 2013; Fimia *et al.*, 2015).

La estacionalidad y variación interanual en la incidencia a las enfermedades son más pronunciadas para las enfermedades arbovíricas, pues los reservorios vectores son susceptibles a cambios estacionales (Cepero, 2012; Fimia *et al.*, 2016a; Osés *et al.*, 2016). Las condiciones climáticas y la dinámica de transmisión de estas enfermedades están inter-vinculadas, y como hoy se tiene más conocimiento sobre los parámetros meteorológicos, el impacto del cambio climático puede y debe ser mitigado (Fimia *et al.*, 2012a; Fimia *et al.*, 2016b; Osés *et al.*, 2016). Durante los últimos 50 años o más, los modelos de las enfermedades arbovíricas emergentes han cambiado significativamente. El clima es el factor principal en determinar la distribución temporal y geográfica de los artrópodos, las características de sus ciclos de vida, los consiguientes modelos de dispersión de los arbovirus asociados, la evolución de los arbovirus y la eficiencia con la cual ellos son transmitidos desde los artrópodos a los hospederos vertebrados (Fimia *et al.*, 2015; Fimia *et al.*, 2016a; Gould & Higgs, 2009).

Aunque es bien conocido en el mundo que las variables meteorológicas son determinantes en la transmisión de enfermedades arbovíricas, en nuestra provincia son escasos los estudios sobre el efecto de algunas de éstas variables en las densidades larvales de culícidos con importancia entomoepidemiológica (Osés *et al.*, 2012).

El objetivo de la investigación estuvo dirigido a determinar la influencia que ejercen algunas variables meteorológicas (precipitaciones,

humedad relativa, temperatura, velocidad media del viento, nubosidad y presión atmosférica) sobre la dinámica poblacional de culícidos con importancia entomoepidemiológica en la provincia Villa Clara, Cuba.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La investigación se realizó en la provincia Villa Clara, Cuba, cuya capital provincial es el municipio Santa Clara y abarcó los 13 municipios que la conforman; ellos son: Corralillo, Quemado de Güines, Sagua la Grande, Encrucijada, Camajuaní, Caibarién, Remedios, Placetas, Santa Clara, Cifuentes, Santo Domingo, Ranchuelo y Manicaragua. La provincia Villa Clara está ubicada en la región central de la isla de Cuba, y tiene los siguientes límites geográficos; al oeste, con la provincia Matanzas, al este, con la provincia Sancti Spíritus y al sur, con la provincia Cienfuegos (figura 1).

Periodo de estudio y recolecta de los datos

La investigación abarcó el período comprendido, desde el año 2008 al 2015. Se tomaron datos retrospectivos existentes en las sábanas/registros controles, que se archivan en el Departamento Estadístico del Centro Provincial de Vigilancia y Lucha Antivectorial (CPVLA) de la provincia Villa Clara, sobre las principales especies de culícidos identificadas en los 304 criaderos permanentes y 218 criaderos temporales de la provincia. El personal de este centro realiza las colectas de larvas de mosquitos por el método del cucharón (OMS, 1982). Asimismo las especies de mosquitos a las que pertenecían las larvas fueron identificadas por medio del microscopio estéreo MSB-9, para lo cual se emplearon claves especializadas (Pérez-Vigueras, 1956; Méndez *et al.*, 2005; González, 2006) y se tuvieron en cuenta todos los cambios ocurridos últimamente en la sistemática y taxonomía de los culícidos (Reinert, 2000, 2001, 2004).

Determinación de las series cronológicas y tendencias

Además de recopilar datos sobre las principales especies de culícidos identificadas en la provincia,

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la provincia Villa Clara se han identificado hasta la fecha, 43 especies de mosquitos distribuidas en 15 géneros, siendo las especies mejor representadas y distribuidas: *Anopheles albimanus* (Wiedemann, 1821), *Culex quinquefasciatus* (Say, 1823), *Cx. nigripalpus*

(Theobald, 1901), *Gymnometopa mediovittata* (Coquillett, 1906), *Psorophora confinnis* (Lynch Arribáizaga, 1891), *Stegomyia aegypti* (Linnaeus, 1762) y *St. albopictus* (Skuse, 1894) (presentes en los 13 municipios de esta provincia), seguidas de *Culex corniger* (Theobald, 1903), *Ochlerotatus scapularis* (Rondan, 1848) y *Psorophora ciliata* (Fabricius, 1794) (en 12 de los 13 municipios existentes), todo lo cual se aprecia en la tabla 1.

Tabla 1. Identificación y distribución de las especies de culícidos de importancia entomoepidemiológica en la provincia Villa Clara. 2008 – 2015.

Especie de mosquitos	Descriptor	Municipios	Total
<i>Aedeomyia squamipennis</i>	(Lynch Arribáizaga, 1878)	9, 12	2
<i>Anopheles albimanus</i>	(Wiedemann, 1821)	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13	13
<i>An. atropos</i>	(Dyar & Knab, 1906)	5, 6	2
<i>An. grabhamii</i>	(Theobald, 1901)	5, 6, 11	3
<i>An. vestitipennis</i>	(Dyar & Knab, 1906)	3, 5, 6, 7, 8, 9, 11	7
<i>An. crucians</i>	(Wiedemann, 1828)	5, 8, 12	3
<i>Stegomyia aegypti</i>	(Linnaeus, 1762)	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13	13
<i>St. albopictus</i>	(Skuse, 1894)	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13	13
<i>Howardina walkeri</i>	(Theobald, 1901)	2, 6, 11, 12	4
<i>Coquillettia nigricans</i>	(Coquillett, 1904)	9, 11	2
<i>Culex atratus</i>	(Theobald, 1901)	4, 5, 6, 8, 9, 10	6
<i>Cx. bahamensis</i>	(Dyar & Knab, 1906)	6, 8	2
<i>Cx. cancer</i>	(Theobald, 1901)	1, 5, 6	3
<i>Cx. chidesterei</i>	(Dyar, 1921)	1, 2, 6, 8, 9, 11, 12	7
<i>Cx. corniger</i>	(Theobald, 1903)	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13	12
<i>Cx. erraticus</i>	(Dyar & Knab, 1906)	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13	9
<i>Cx. iolambdis</i>	(Dyar, 1918)	8, 9	2
<i>Cx. nigripalpus</i>	(Theobald, 1901)	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13	13
<i>Cx. pilosus</i>	(Dyar & Knab, 1906)	1, 3, 4, 5, 6, 8, 13	7
<i>Cx. quinquefasciatus</i>	(Say, 1823)	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13	13
<i>Cx. sphinx</i>	(Howard, 1915)	6	1
<i>Cx. secutor</i>	(Theobald, 1901)	8, 13	2
<i>Cx. americanus</i>	(Neveu-Lemaire, 1902)	6, 9	2
<i>Gymnometopa mediovittata</i>	(Coquillett, 1906)	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13	13
<i>Mansonia titillans</i>	(Walker, 1848)	3, 6, 8, 9, 10, 11, 12	7
<i>Limatus durhamii</i>	(Theobald, 1901)	9, 12	2
<i>Ochlerotatus scapularis</i>	(Rondan, 1848)	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12	12

Continúa Tabla 1

Continúa Tabla 1

Especie de mosquitos	Descriptor	Municipios	Total
<i>Oc. sollicitans</i>	(Walker, 1856)	1,3,4,5,6,7,10,11	8
<i>Oc. taeniorhynchus</i>	(Wiedemann, 1821)	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10,11	9
<i>Oc. tortilis</i>	(Theobald, 1903)	3,4,5,7,9	5
<i>Orthopodomyia signifera</i>	(Coquillett, 1896)	8,12	2
<i>Psorophora ciliata</i>	(Fabricius, 1794)	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8,9,10,11,12,13	12
<i>Ps. confinnis</i>	(Lynch Arribáizaga,1891)	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8,9,10,11,12,13	13
<i>Ps. howardii</i>	(Coquillett, 1901)	6,7,8,9,10,12,13	7
<i>Ps. johnstonii</i>	(Grabham, 1905)	6	1
<i>Ps. pygmaea</i>	(Theobald, 1903)	1,4,5,6,7,9,10,13	8
<i>Ps. santamarinai</i>	(González Broche, 2000)	6	1
<i>Ps. insularia</i>	(Dyar & Knab, 1906)	6	1
<i>Ps. infinis</i>	(Dyar & Knab, 1906)	8	1
<i>Toxorhynchites portoricensis</i>	(von Röder, 1885)	5,6	2
<i>Uranotaenia sapphirina</i>	(Osten-Sacken, 1868)	3,4,5,6,7,8,9,11,12	9
<i>Wyeomyia vanduzeei</i>	(Dyar & Knab, 1906)	9	1
<i>Wy. mitchelli</i>	(Theobald, 1905)	8,9	2

Leyenda: Relación de municipios de la provincia Villa Clara: 1 Corralillo, 2 Quemado de Güines, 3 Sagua la Grande, 4 Encrucijada, 5 Camajuani, 6 Caibarién, 7 Remedios, 8 Placetas, 9 Santa Clara, 10 Cifuentes, 11 Santo Domingo, 12 Ranchuelo y 13 Manicaragua.

De las 69 especies de mosquitos registradas para Cuba (González, 2013), 43 fueron identificadas en Villa Clara, para un 62,31%, lo cual evidenció la gran plasticidad ecológica de la entomofauna de culicidos existentes en nuestro país (García, 1977; González, 1985, 1995, 2006). Este hecho concuerda con los resultados obtenidos por Marquetti (2006), específicamente para *Cx. quinquefasciatus* en el ecosistema urbano; dicho resultado confirma también los criterios de Mattingly (1962), Scorza (1972) y Cruz & Cabrera (2006) en relación con la extraordinaria capacidad adaptativa y alta plasticidad ecológica de *Cx. quinquefasciatus* sobre los más diversos y posibles hábitats que el hombre le brinda.

Resulta notorio y relevante, el hecho de la ganancia de terreno y espacio por parte de *St. aegypti* y *St. albopictus* en la provincia Villa Clara, especies de alto riesgo entomoepidemiológico, por la implicación que tienen en varias entidades infecciosas (Mackenzie *et al.*, 2005; Pupo *et al.*,

2011; Guzmán *et al.*, 2013), entre las que resaltan: dengue, fiebre amarilla, virus del Nilo Occidental, Chikungunya y el virus Zika; pero la realidad nos ha demostrado, que en la actualidad, estas dos especies prácticamente están presentes a todo lo largo y ancho de la geografía nacional, expandiéndose de manera creciente, colonizando un número importante de sitios de cría generados por la actividad humana, junto a variables ambientales (Bangs *et al.*, 2006) mostrando así, su elevada plasticidad ecológica y alta capacidad de adaptación a los más disímiles nichos ecológicos (Marquetti, 2006; Fimia *et al.*, 2015).

Al analizar los resultados de nuestro estudio con los obtenidos por Cruz & Cabrera (2006) en la provincia Sancti Spíritus, con vista a la caracterización entomológica y ecológica de casos confirmados y sospechosos al virus del Nilo Occidental en humanos, resultan coincidentes ambos resultados para *Cx. quinquefasciatus*, *Cx. nigripalpus* y *An. albimanus*; pero en

investigaciones efectuadas por Rodríguez *et al.* (2006) en la provincia Villa Clara entre los años 2004 al 2006, los puntos de coincidencia son ahora mayores, ya que también se incluyen *Ps. confinnis*, *Ps. ciliata*, *G. mediovittata*, *Cx. corniger* y *Ochlerotatus scapularis*, lo cual eleva el riesgo

entomoepidemiológico para esta provincia.

La figura 2 refleja la serie temporal de la densidad larval general de culícidos en la provincia Villa Clara, desde el año 2008 al 2015.

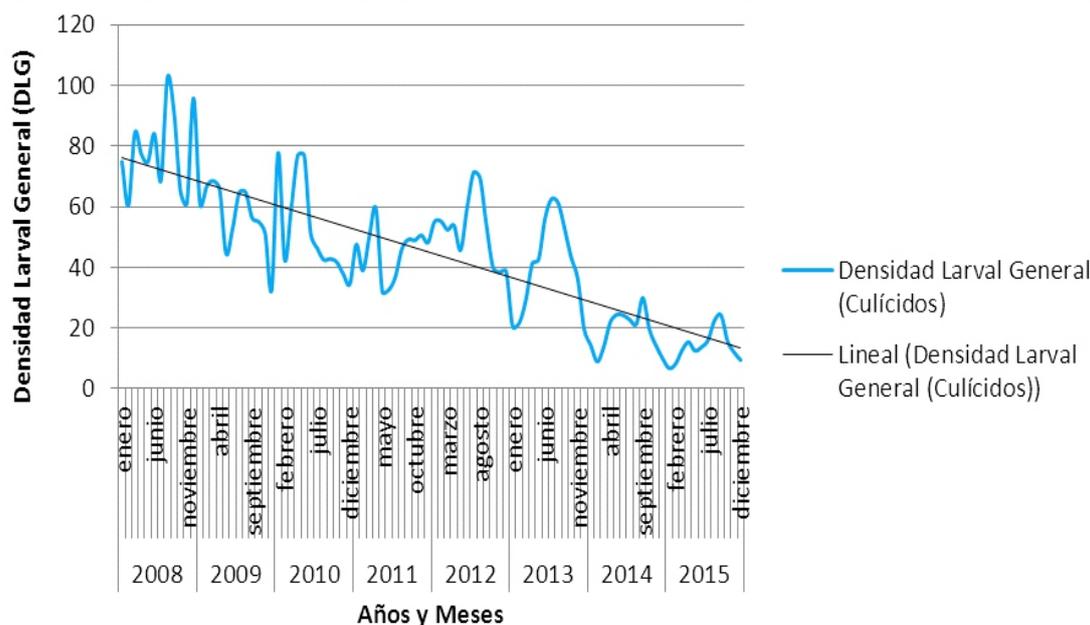


Figura 2. Serie temporal de la densidad larval general de culícidos en la provincia de Villa Clara, Cuba, 2008-2015.

La DLG muestra un comportamiento cíclico estacional, con tendencia a la disminución. Los valores picos se presentaron en los meses de mayo a octubre, meses estos que coinciden con los de mayores precipitaciones en Cuba. En estos meses los valores de temperatura alcanzan sus cifras más altas, todo lo cual favorece la proliferación de dichos vectores, hasta el punto de catalizar la eclosión/emergencia de los huevos, aumento en el número de casos de entidades transmitidas por mosquitos y aumento en la población de mosquitos hembras (Arenas & Carvajal, 2012), por lo que indudablemente, se aprecia un acortamiento/reducción en el ciclo biológico de los mosquitos, resultados que coinciden con los obtenidos por otros autores (Mohammed & Chadee, 2011; Rivera, 2014; Fimia *et al.*, 2016b), pero a su vez, concuerdan parcialmente con los alcanzados por García *et al.* (2012), quienes

obtuvieron en un estudio realizado en ecosistemas fluviales, de un área de salud del municipio Santa Clara (años 2009-2010), que el mes de mayor densidad larval fue octubre.

Este hecho pudo deberse a las diferencias de ambos trabajos en cuanto a la extensión del área de estudio, y período de tiempo, pues el presente trabajo abarcó los 304 criaderos permanentes y 218 criaderos temporales de culícidos de toda la provincia de Villa Clara, asimismo el período de tiempo fue de 8 años, lo que permitió tener una serie cronológica de mayor representatividad, pues para la confección de una serie temporal como mínimo se necesita abarcar un período de 3 a 4 años. El hecho de que García *et al.* (2012) hayan realizado su trabajo en un área de salud del municipio Santa Clara; municipio más densamente poblado de la provincia y con los mayores índices

de Densidad Larval de culícidos, el grado tan alto de urbanización y la cantidad de depósitos de agua, pudo haber contribuido con que hayan obtenido dichos resultados.

En las figuras 2, 3 y 4 se pueden apreciar las series cronológicas para DLG en tres de los municipios de la provincia Villa Clara, podemos constatar que los resultados obtenidos confirman el comportamiento

cíclico estacional de los culícidos, así como la tendencia a la disminución de esta variable. Esta franca tendencia a la disminución pudo deberse, a la intensificación de las acciones de control contra los culícidos a partir de la emergencia en nuestro país de dos enfermedades arbovíricas: Chikungunya y Zika en los años 2013 y 2015 respectivamente.

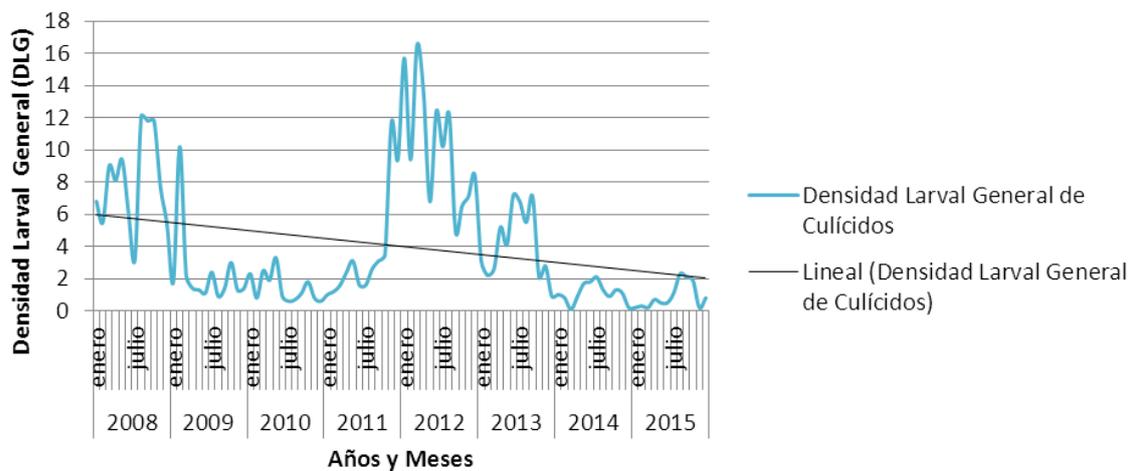


Figura 2. Serie temporal de la densidad larval general de culícidos en el municipio Ranchuelo, Cuba, 2008-2015.

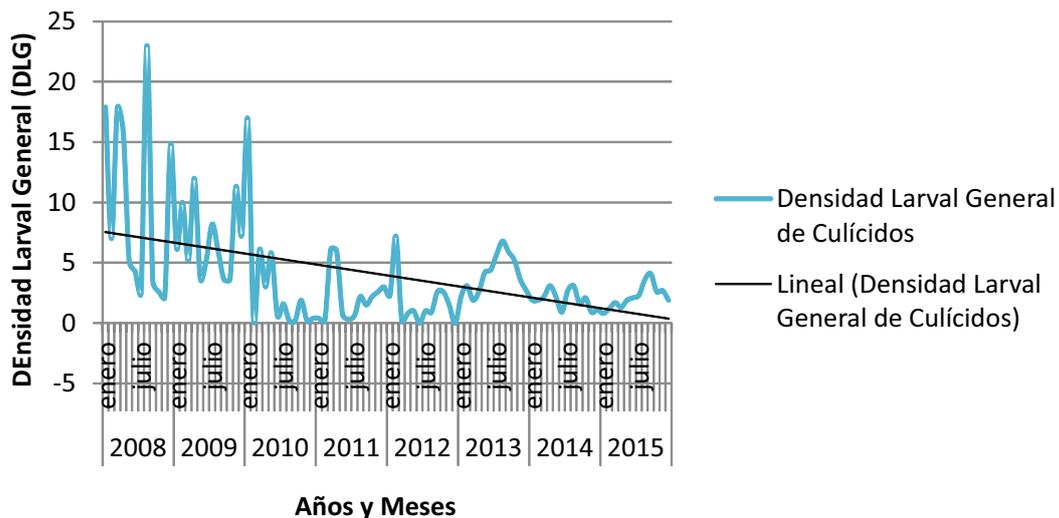


Figura 3. Serie temporal de la densidad larval general de culícidos en el municipio Sagua la Grande, Cuba, 2008-2015.

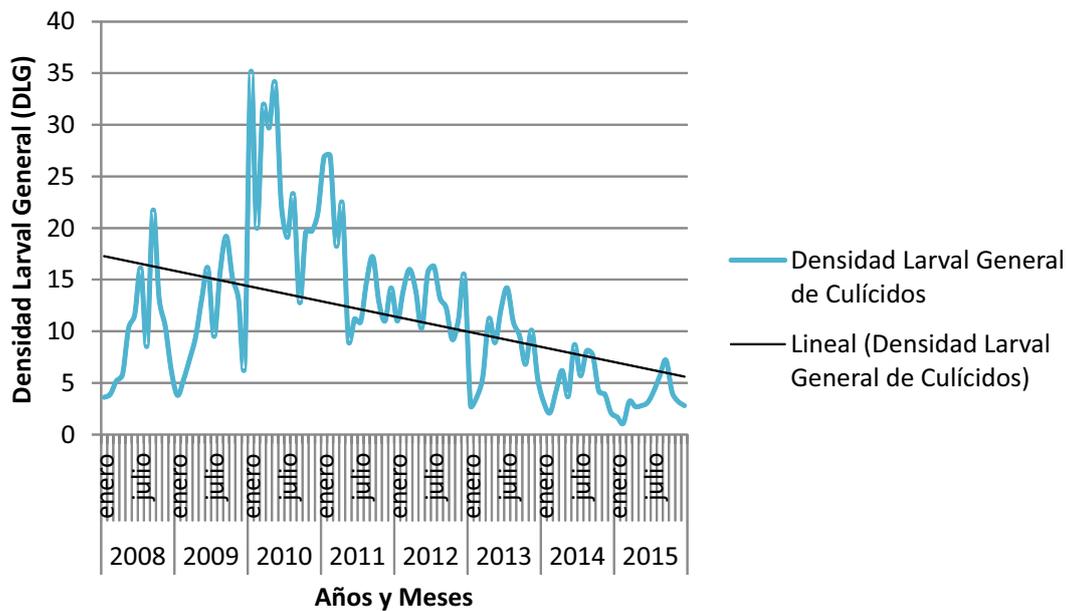


Figura 4. Serie temporal de la densidad larval general de culícidos en el municipio Santa Clara, Cuba, 2008-2015.

En el caso de la DLE, la tendencia fue al aumento, con una plena correspondencia entre las variables meteorológicas con la biología y ecología de los vectores pertenecientes al género *Anopheles*, resultados que concuerdan con los alcanzados por otros autores al respecto (Beck-Johnson *et al.*, 2013; Rivera, 2014).

Se aprecia en las figuras 5, 6 y 7 el comportamiento cíclico estacional de la densidad larval para *An. albimanus*, coincidiendo los mayores índices con el período lluvioso. Asimismo, las figuras expresan una tendencia al aumento de este indicador, lo cual constituye un riesgo potencial para la transmisión de la malaria importada en Cuba (Fimia *et al.*, 2012b; Osés *et al.*, 2012).

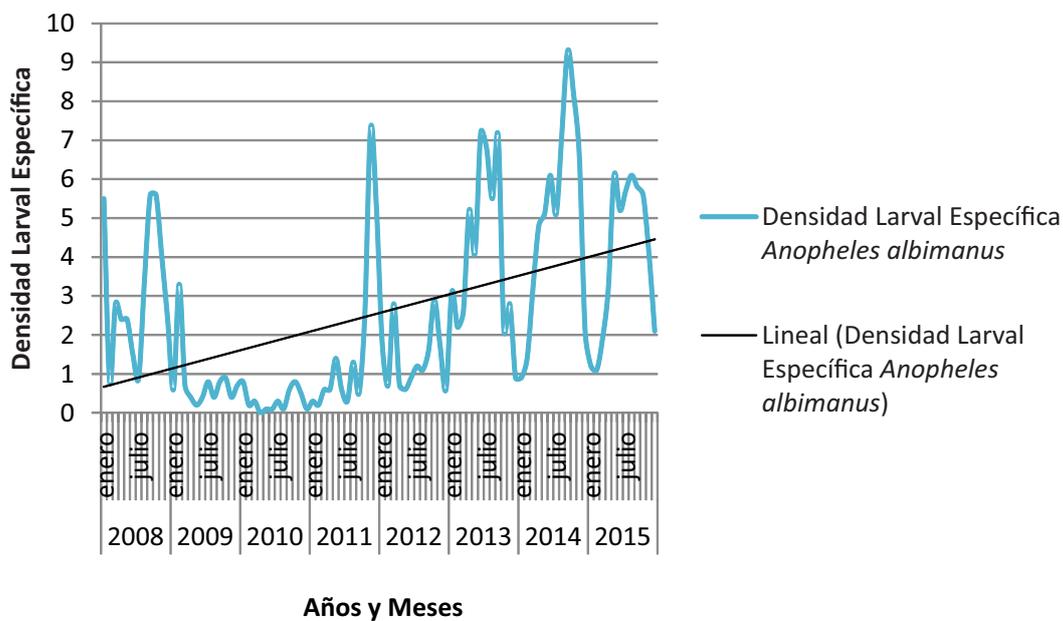


Figura 5. Serie temporal de la densidad larval específica (*Anopheles albimanus*) en el municipio Ranchuelo, Cuba, 2008-2015.

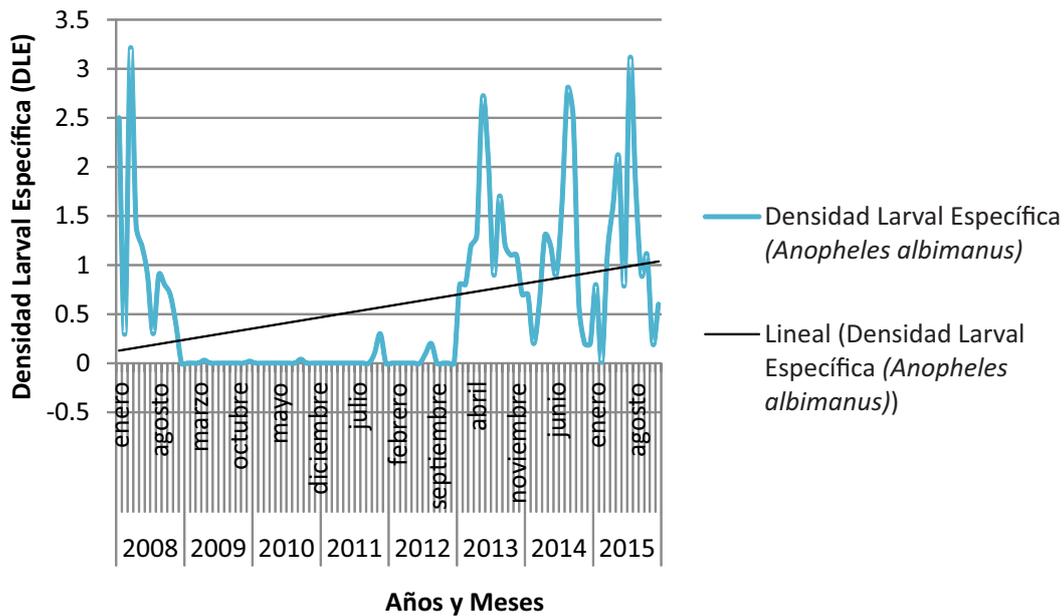


Figura 6. Serie temporal de la densidad larval específica (*Anopheles albimanus*) en el municipio Sagua la Grande, Cuba, 2008-2015.

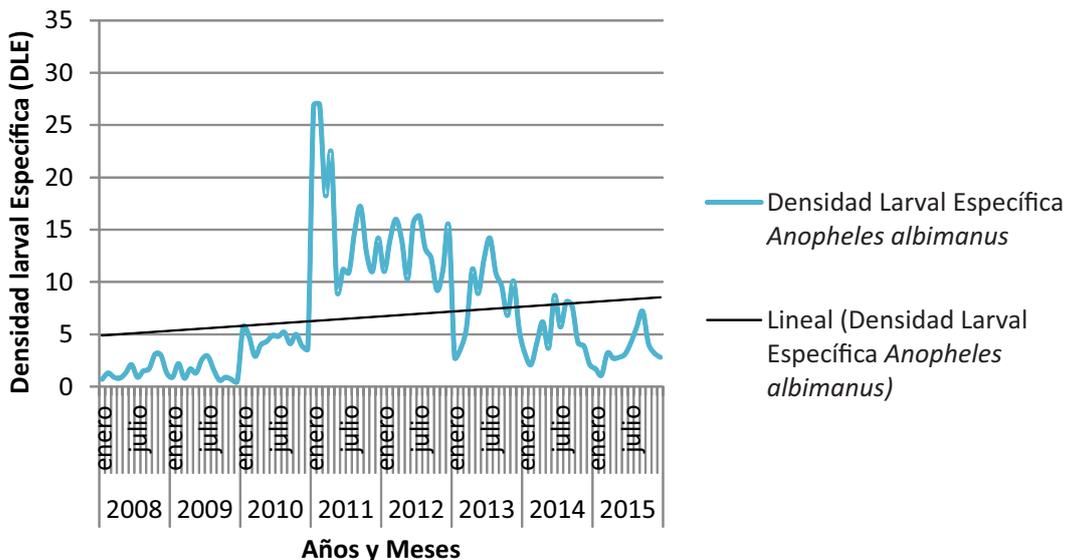


Figura 7. Serie temporal de la densidad larval específica (*Anopheles albimanus*) en el municipio Santa Clara, Cuba, 2008-2015.

Nuestros resultados concuerdan con los obtenidos por Farajzadeh *et al.* (2015), quienes plantean, que los mosquitos *Anopheles* spp., pueden ser encontrados todo el año, con dos picos estacionales significativos, desde marzo a junio (primer pico) y de septiembre a noviembre (segundo pico). Los resultados del estudio mostraron, que el 77% de las

emergencias en los valores de abundancia de mosquitos anualmente ocurren en el rango térmico, de 24°C a 30°C y en un rango de humedad relativa, de 70% al 80%, resultados que concuerdan con los obtenidos por otros autores para otras especies de mosquitos, en latitudes y regiones tropicales y subtropicales (Mohammed & Chadee, 2011; Beck-

Johnson *et al.*, 2013; Rivera, 2014). Asimismo, estos autores identifican a la temperatura de la superficie terrestre en horas de la noche y la humedad relativa como los factores determinantes de la dinámica de la población de esta especie de mosquito. Es importante destacar que las series cronológicas para *An. albimanus* obtenidas por cada municipio le dan consistencia a los resultados mostrados de la provincia.

Al modelar matemáticamente la influencia de las variables meteorológicas objeto de estudio sobre la densidad larval específica (*An. albimanus*) en los criaderos (tabla 2), se observó, que las correlaciones entre la densidad larval anofelínica y

las temperaturas fueron positivas y altamente significativas para las temperaturas mínimas y media, lo cual indica, que a medida que aumentan las temperaturas, aumentan también las densidades larvales específicas, resultados que coinciden con los alcanzados por García *et al.* (2012) y Beck-Johnson *et al.* (2013), quienes plantean, que las temperaturas más que las precipitaciones juegan un rol importante en el incremento de la densidad larval anofelínica y en la transmisión de malaria. Tanto las temperaturas máximas y mínimas tienen una asociación positiva con las densidades larvales anofelínicas y pudieran ser usadas como predictor del índice de infestación por *Anopheles* spp. (Zhang *et al.*, 2010).

Tabla 2. Modelación de la influencia de la temperatura sobre la densidad larval específica.

Variables modeladas	Temperatura media	Temperatura máxima	Temperatura mínima
Densidad larval anofelínica (DLA)	0,09 (**)	0,08 (*)	0,10 (**)

** Correlación de Pearson significativa al nivel 0,01 (bilateral)

* Correlación de Pearson significativa al nivel 0,05 (bilateral)

Fuente: Registros Estadísticos del Instituto de Meteorología de Villa Clara.

La asociación entre temperatura y la dinámica poblacional de culícidos ha sido investigada en muchos estudios, particularmente en áreas tropicales y sub-tropicales. Los resultados de este estudio son consistentes con estudios previos en otras regiones del mundo (Zhou *et al.*, 2004; Zhang *et al.*, 2015).

Las correlaciones entre la densidad larval específica con la humedad relativa, también resultaron positivas y altamente significativas. Lo que indica, que a medida que aumenta la humedad relativa, aumenta la densidad larval (tabla 3). Concordamos con Farajzadeh *et al.* (2015), quienes definen la humedad relativa como una variable meteorológica vital en la supervivencia de los mosquitos del género

Anopheles. Éstos investigadores además encontraron a la humedad relativa y la temperatura como fuertes predictores de la abundancia de mosquitos del género *Anopheles*. Wilke *et al.* (2016) constataron asociaciones entre la abundancia de mosquitos y las variables meteorológicas.

Además, consideran que los modelos predictivos basados en variables meteorológicas pueden proveer de información importante sobre la dinámica poblacional de culícidos. La humedad relativa promedio es un predictor apropiado de la densidad larval anofelínica y por tanto de la transmisión de malaria (Aduh-Prah & Kofi-Tetteh, 2015; Alkhaldy, 2017).

Tabla 3. Modelación de la influencia de la humedad relativa sobre la densidad larval específica.

Variables modeladas	Humedad relativa media	Humedad relativa máxima	Humedad relativa mínima
Densidad larval anofelínica (DLA)	0,07 (*)	0,09 (**)	0,10 (**)

* La correlación de Pearson es significativa al nivel 0,05 (bilateral)

** La correlación de Pearson es significativa al nivel 0,01 (bilateral)

Fuente: Registros Estadísticos del Instituto de Meteorología de Villa Clara.

En la tabla 4 al correlacionar las variables climatológicas (precipitaciones, nubosidad y velocidad media del viento), no se observó correlación entre la densidad larval anofelínica con las precipitaciones y la nubosidad. La velocidad media del viento tuvo una correlación negativa y altamente significativa, indicando así que a medida que disminuye la velocidad media del viento, aumenta la densidad larvaria. Estos hallazgos concuerdan con los hallados por Bezerra *et al.* (2016), quienes no encontraron una asociación positiva entre la densidad larval de *Anopheles* spp., y las precipitaciones.

Las mayores densidades larvales determinadas por

ellos fueron encontradas en los meses del período lluvioso. Esto puede explicarse por el hecho de que en la estación lluviosa, los niveles frecuentemente elevados de lluvias pudieran modificar el ciclo de vida de los culícidos, pues un excesivo incremento de los niveles del agua en los sitios de cría, pudiera contribuir a que las formas inmaduras del mosquito escapen/fenezcan y no puedan completar su ciclo de vida. Además, coincidimos con Aduh-Prah & Kofi-Tetteh (2015), quienes a pesar de constatar, que no hubo asociación significativa entre las precipitaciones y las densidades larvales consideran, que hay evidencias de que las precipitaciones constituyen un predictor importante para la densidad larval.

Tabla 4. Modelación de la influencia de las precipitaciones, nubosidad y velocidad media del viento sobre la densidad larval anofelínica.

Variables modeladas	Precipitaciones	Nubosidad	Velocidad Media del Viento
Densidad larval anofelínica (DLA)	0,02	0,05	0,09 (**)

** Correlación significativa al nivel 0,01 (bilateral)

Fuente: Registros Estadísticos del Instituto de Meteorología de Villa Clara.

La tabla 5 refleja que la presión atmosférica es un buen predictor de las densidades larvales de culícidos, pues se pudo constatar asociación positiva y significativa entre ambas variables.

Así como la influencia que ejerce el anticiclón del Atlántico Norte, que es quien dicta el comportamiento de la presión atmosférica en Cuba.

Tabla 5. Modelación de la influencia de la presión atmosférica sobre la Densidad Larval General en el municipio Corralillo.

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig
	B	Std. Error	Beta		
Presión atmosférica	0,002	0,001	3,74	3,12	0,003

Este hallazgo puede explicarse por el hecho de que el oxígeno tomado bajo presiones de gas parcial o total, solamente es regulado por cambios en los movimientos del espiráculo. Ante tensiones reducidas de oxígeno, tanto la apertura como el tiempo que permanecen abiertos los espiráculos/espiráculas se incrementa. En presiones atmosféricas bajas los espiráculos permanecen permanentemente abiertos, por lo que la deshidratación pudiera ser la principal causa de mortalidad en presiones atmosféricas bajas (Galun & Fraenkel, 1961).

Este hallazgo constituye un resultado realmente novedoso del presente trabajo, pues la presión atmosférica es una variable meteorológica escasamente estudiada, en cuanto a la influencia que la misma puede ejercer sobre las densidades larvales de culícidos con importancia entomoepidemiológica, pues la mayoría de las investigaciones revisadas a nivel nacional e internacional abordan en sus modelos, las variables meteorológicas que siguen: temperatura, humedad relativa y precipitaciones; sin embargo, la presión atmosférica ha permanecido como una variable escasamente estudiada, quizá por el rango tan estrecho en el que fluctúan sus valores en el tiempo. De hecho nos vimos obligados a encontrarle una explicación biológica a la influencia que ejerce la presión atmosférica sobre la densidad larval general de culícidos y encontramos el artículo de Galun & Fraenkel (1961), quienes investigaron la influencia de la presión atmosférica sobre las densidades larvales de mosquitos de manera artificial, pues se vieron obligados a crear un equipo con tal de lograr dicho propósito.

Se concluye, que las variables meteorológicas analizadas: temperatura, humedad relativa, velocidad media del viento y presión atmosférica son excelentes predictores de la dinámica poblacional de culícidos con importancia entomoepidemiológica y a la par, poseen una marcada incidencia en la dinámica de las poblaciones de culícidos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aduh-Prah, S. & Kofi-Tetteh, E. 2015. *Spatiotemporal analysis of climate variability impacts on malaria prevalence in Ghana*. Applied Geography, vol. 60, pp. 266-273.
- Alkhalidy, I. 2017. *Humidity in Jeddah, Saudi Arabia – a generalised linear model with modelling the association of dengue fever cases with temperature and relative break-point analysis*. Acta Tropica, vol. 168, pp. 9-15.
- Altizer, S, Ostfeld, RS, Johnson, PTJ, Kutz, S & Harvell, CD. 2013. *Climate change and infectious diseases: from evidence to a predictive framework*. Science, vol. 341, pp. 514–519.
- Arenas, VAR & Carvajal, PLA. 2012. *Influencia de los cambios climáticos en la definición del sexo en el Aedes aegypti y su impacto en las epidemias de dengue*. Revista Facultad de Salud (RFS), vol. 4, pp.11-24.
- Bangs, ML, Lavasati, RP, Corwin, AL & Wuryadi, S. 2006. *Climatic factors associated with epidemic dengue in Palembang, Indonesia: Implications of short-term meteorological events on virus transmission*. The Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health, vol. 37, pp.1103-1116.
- Bhatt, S, Gething, P & Brady, O. 2013. *The global distribution and burden of dengue*. Nature, vol. 37, pp. 1103-1116.
- Beck-Johnson, LM, Nelson, WA, Paaijmans, KP, Read, AF, Thomas, MB & Bjornstad, ON. 2013. *The effect of temperature on Anopheles mosquito population dynamics and the potential for Malaria transmission*. PLOS ONE, vol. 8: e79276.
- Bezerra, JMT, Araújo, RGP, Melo, FF, Gonçalves, CM, Chaves, BA, Silva, BM, Silva, LD, Brandão, ST, Secundino, NFC, Norris, DE & Pimenta, PFP. 2016. *Aedes (Stegomyia) albopictus dynamics influenced by spatio-temporal characteristics in a Brazilian dengue-endemic risk city*. Acta Tropica, vol. 164, pp. 431-437.
- Cauchemez, S, Ledrans, C, Poletto, P, Quenel, H, Valk, V, Colizza, P & Boelle, Y. 2014. *Local and regional spread of chikungunya fever in the Americas*. Euro surveillance, vol. 19, 20854.
- Center for Disease Control and Prevention (CDC). 2017. *Chikungunya: Information for healthcare providers*. Disponible en: <http://www.cdc.gov/chikungunya/pdfs/CHI>

- KV_Clinicians.pdf [Consultado el 05/09/2017]
- Cepero, RO. 2012. *El cambio climático: su efecto sobre enfermedades infecciosas*. REDVET Revista Electrónica de Veterinaria, vol. 13 (05B). Disponible en: <http://www.veterinaria.org/>
- Cruz, CP & Cabrera, MC. 2006. *Caracterización entomológica- ecológica de casos y sospechosos del Virus del Nilo Occidental en la provincia Sancti Spiritus, Cuba*. Revista Cubana de Medicina Tropical, vol. 58, pp. 235-240.
- Farajzadeh, M, Halimi, M, Ghavidel, Y & Delavari, M. 2015. *Spatiotemporal Anopheles population dynamics, response to climatic conditions: The Case of Chabahar, South Baluchistan, Iran*. Annals of Global Health, vol. 81, pp. 694-704.
- Fauci, AS & Morens, DM. 2016. *Zika virus in the Americas – yet another arbovirus threat*. New England Journal of Medicine, vol. 374, pp. 601-604.
- Ferguson, NM, Cucunubá, ZM, Dorigatti, I, Nedjati-Gilani, GL, Donnelly, CA, Basañez, MG, Nouvellet, P & Lessler, J. 2016. *Countering the Zika epidemic in Latin America*. Science, 10.1126/Science.aag019.
- Fimia, DR, González, GR, Cepero, RR, Valdés, ÁM, Osés, RR, Corona, SE, Argota, PG. 2012a. *Influencia de algunas variables climáticas sobre la malacofauna fluvial con importancia zoonótica en la provincia Villa Clara*. REDVET Revista Electrónica de Veterinaria, vol. 13, pp. 1695-7504.
- Fimia, DR, Osés, RR, Otero, MM, Diéguez, FL, Cepero, RO, González, GR, Silveira, PEA & Corona, SE. 2012b. *El control de mosquitos (Diptera: Culicidae) utilizando métodos biomatemáticos en la provincia de Villa Clara*. REDVET Revista Electrónica de Veterinaria, vol. 13 (3): Disponible en: <http://www.veterinaria.org/>
- Fimia, DR, Marquetti, FM, Iannacone, J, Hernández, CN, González, MG, Poso del Sol, M & Cruz, RG. 2015. *Anthropogenic and environmental factors on culicid fauna (Diptera: Culicidae) of Sancti Spiritus province, Cuba*. The Biologist (Lima), vol.13, pp. 53-74.
- Fimia, DR, Aldaz, CJ, Aldaz, CN, Segura, OJ, Segura, OJ, Cepero, RO, Osés, RR & Cruz, CL. 2016a. *Mosquitoes (Diptera: Culicidae) and their control by means of biological agents in Villa Clara province, Cuba*. International Journal of Current Research, vol.8, pp. 43114-43120.
- Fimia, DR, Iannacone, J, Osés, RR, González, GR, Armiñana, GR, Gómez, CL, García, CB & Zaita, FY. 2016b. *Asociación de algunas variables climáticas con la fasciolosis, angiostrongilosis y la malacofauna fluvial de la provincia Villa Clara, Cuba*. Neotropical Helminthology, vol.10, pp. 259-273.
- Galun, R & Fraenkel, G. 1961. *The effect of low atmospheric pressure on Adult Aedes aegypti and on housefly pupae*. Journal of Insect Physiology, vol. 7, pp. 161-176.
- García, A.I. 1977. *Fauna cubana de mosquitos y sus criaderos típicos*. 1ª ed. La Habana: Academia de Ciencias de Cuba.
- García, GS, Pérez, BA, Fimia, DR, Osés, RR, Garín, LG & González, GR. 2012. *Influencia de algunas variables climatológicas sobre las densidades larvianas en criaderos de culicidos*. Pol Cap. Roberto Fleites 2009-2010. REDVET, Revista Electrónica de Veterinaria, vol. 13 (05B). Disponible en: <http://www.veterinaria.org/>
- González, BR. 1985. *Nuevos reportes sobre la tribu Sabethini (Diptera: Culicidae) para Cuba*. Poeyana, vol. 298, pp. 1-11.
- González, BR. 1995. *Nuevos registros de mosquitos (Diptera: Culicidae) para Cuba*. Boletín de Entomología Venezolana, vol. 10, pp. 117-118.
- González, BR. 2006. *Culicidos de Cuba*. 1ª ed. La Habana: Editorial Científico-Técnica.
- González, BR. 2013. *Descripción de una nueva especie de Culex (Diptera: Culicidae) de Cuba*. Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa, vol. 52, pp. 117-118.
- Gould, E & Higgs, S. 2009. *Impact of climate change and other factors on emerging arbovirus diseases*. Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene, vol. 103, pp. 109-121.
- Gould, E, Pettersson, J, Higgs, S, Charrel, R & de Lamballerie, X. 2017. *Emerging arboviruses: why today?* One Health, vol. 4, pp. 1-13.
- Gubler, DJ. 2002. *The global*

- emergence/resurgence of arboviral diseases as public health problems.* Archives of Medical Research, vol. 33, pp. 330-342.
- Guzmán, MG, Álvarez, M & Halstead, SB. 2013. *Secondary infection as a risk factor for dengue haemorrhagic fever/dengue shock syndrome: an historical perspective and role of antibody-dependent enhancement of infection.* Archives of Virology, vol. 158, pp. 1445-1459.
- Lambrechts, L, Scott, TW & Gubler, DJ. 2010. *Consequences of the expanding global distribution of Aedes albopictus for dengue virus transmission.* PLoS Neglected Tropical Diseases, vol. 4, e646.
- Lebl, K, Zित्रा, C, Silbermayr, K, Obwaller, A, Berer, D, Brugger, K, Walter, M, Pinior, B, Fuehrer, HP & Rubel, F. 2015. *Mosquitoes (Diptera: Culicidae) and their relevance as disease vectors in the city of Vienna, Austria.* Parasitology Research, vol. 114, pp. 707-713.
- Mackenzie, JS, Gubler, DJ & Petersen, LR. 2005. *Emerging Flavivirus: the spread and resurgence of Japanese encephalitis, West Nile and Dengue virus.* Journal of the American Mosquito Control Association, vol. 21, pp. 102-105.
- Marquetti, FM. 2006. *Aspectos bioecológicos de importancia para el control de Aedes aegypti y otros culicidos en el ecosistema urbano* [tesis doctoral]. Ciudad de La Habana. Instituto de Medicina Tropical «Pedro Kourí» (IPK).
- Mattingly, PF. 1962. *The urban mosquito hazard today.* Bulletin of World Health Organization, vol. 135, pp. 1-54.
- Méndez, RJ, Fimia, DR, González, OI & Moreno, MR. 2005. *Clave pictórica para identificar géneros de Mosquitos Cubanos en su etapa larval.* Gaceta Médica Espirituana, vol. 3 pp. 1-21.
- Ministério da Saúde- Brasil. 2017. *Secretaria de Vigilância em Saúde - Centro de operações de emergências em saúde pública sobre febre amarela:* Disponible en: <http://portalarquivos.saude.gov.br/images/pdf/2017/fevereiro/24/coes-febre-amarela-informe23-atualizacao-23fev2017-13h.pdf>.
- Ministerio de Salud Pública (MINSAP). 2016a. *Primer caso de virus de zika importado en Cuba.* Disponible en: <http://www.cubadebate.cu/noticias/2016/03/01/primer-caso-de-virus-de-zika-importado-en-cuba/#.WJ4SzUDFL2>. [Consultado en febrero de 2017].
- Ministerio de Salud Pública (MINSAP). 2016b. *Primer caso de transmisión autóctona de Zika en Cuba.* Disponible en: <http://www.cubadebate.cu/noticias/2016/03/15/primer-caso-de-transmision-autoctona-del-zika-en-cuba/#.WJ4SzUDFL2Y>. [Consultado en febrero de 2017].
- Mohammed, A & Chadee, DD. 2011. *Effects of different temperature regimens on the development of Aedes aegypti (L.) (Diptera: Culicidae) mosquitoes.* Acta Tropica, vol. 119, pp. 38-43.
- Ngoagouni, C, Kamgang, B, Nakouné, E, Paupy, C & Kazanji, M. 2015. *Invasion of Aedes albopictus (Diptera: Culicidae) into central Africa: what consequences for emerging diseases?* Parasite & Vectors, vol. 8, pp.191-197.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). 1982. *Lucha biológica contra los vectores de enfermedades.* Serie de informes Técnicos. 679. Ginebra, Suiza.
- Osés, R, Fimia, DR, Silveira, PE, Hernández, VW, Saura, GG, Pedraza, MA. & González, GR. 2012. *Mathematical model of the density of Anopheles mosquito larva (Diptera: Culicidae) in 2020 in Caibarien, Villa Clara province, Cuba.* REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria, vol. 13(3). Disponible en: <http://www.veterinaria.org/>
- Osés, RR, Rigoberto, D.R.; Iannacone, O.J.; Saura, G.G.; Gómez, C.L & Ruiz, C.N. 2016. *Modelación de la temperatura efectiva equivalente para la estación del Yabú y para la densidad larval total de mosquitos en Caibarién, provincia Villa Clara, Cuba.* Revista Peruana de Entomología, vol. 51, pp. 1-7.
- Pérez Viguera, I. 1956. *Los Ixódidos y culicidos de Cuba, su historia natural y médica.* Ed. Universidad de La Habana. 579 pp.
- Pupo, AM, Cabrera, V, Vázquez, Y, Drebor, M, Andonova, M & Dickinson, F. 2011. *Estudio serológico en localidades con infecciones confirmadas al virus del Nilo Occidental.* Revista Cubana de Medicina Tropical, vol. 63, pp. 227-230.
- Reinert, J. 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 American Mosquito Control Association, vol. 16, pp. 175-188.
- Reinert, J. 2001. *Revised list of abbreviations for genera and subgenera of Culicidae (Diptera) and notes on generic and subgeneric changes.* Journal of American Mosquito Control Association, vol. 17, pp. 51-55.
- Reinert, J. 2004. *Phylogeny and classification of Aedes (Diptera: Culicidae) based on morphological characters of all life stages zoological.* Zoological Journal of the Linnaean Society, vol. 142, pp. 289-368.
- Rivera, G.O. 2014. *Aedes aegypti, virus dengue, chikungunya, Zika y el cambio climático. Máxima alerta médica y oficial.* REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria, vol. 15(10). Disponible en: <http://www.veterinaria.org/>
- Rodríguez, MJ, Cepero, RO & Rodríguez, A. 2006. *Vigilancia y control en criaderos temporales y permanentes de culícidos en Villa Clara.* REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria, 7(7):12-16. Disponible en: <http://www.veterinaria.org/>
- Scorza, J.V. 1972. *Observaciones bionómicas sobre Culex pipiens fatigans Wiedemann, 1821 de Venezuela.* Universidad de Los Andes, Mérida, pp.230.
- Turell, MJ, Dohm, DJ, Fernández, R, Calampa, C & O'Guinn, ML. 2006. *Vector competence of Peruvian mosquitoes (Diptera: Culicidae) for a subtype IIC virus in the Venezuelan equine encephalomyelitis complex isolated from mosquitoes captured in Peru.* Journal of the American Mosquito Control Association, vol. 22, pp. 70-75.
- Vasconcelos, PF. 2017. *Yellow fever. In: Arthropod borne diseases.* pp. 101– 113. Springer International Publishing, Cham, Switzerland.
- Wasserman, SS, Edelman, R, Tacket, CO, Bodison, SA, Perry, JG & Mangiafico, JA. 2016. *Yellow fever epidemic.* The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene, vol. 62, pp. 681-685.
- Wilke, A.B.B.; Medeiros-Sousa, A.R.; Ceretti-Junior, W. & Marrelli, M.T. 2016. *Mosquito populations dynamics associated with climate variations.* Acta Tropica, vol. 166, pp. 343-350.
- World Health Organization (WHO). 2014a. *State of the art in the prevention and control of Dengue in the Americas. Meeting Report.* Washington, DC. Disponible en: <http://iris.paho.org/xmlui/handle/123456789/31171>
- World Health Organization (WHO). 2014b. *Global Health Observatory (GHO) data. The world malaria report.* Disponible en: <http://www.who.int/gho/malaria/en/>.
- World Health Organization (WHO). 2015. *Country Profile. The World Malaria Report 2014.* Disponible en: <http://www.who.int/malaria/publications/country-profiles/profileand.en.Pdf.ua=1>.
- World Health Organization (WHO). 2016. *Zoonoses and veterinary public health. Emerging zoonoses.* Disponible en: http://www.who.int/zoonoses/emerging_zoonoses/en/; [Consultado en enero de 2017]
- Zanluca, C, Melo, VC, Mosimann, AL, Santos, GI, Santos, CN & Luz, K. 2015. *First report of autochthonous transmission of Zika virus in Brazil.* Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, vol. 110, pp. 569–572.
- Zhang, Y, Bi, P & Hiller, JE. 2010. *Meteorological variables and malaria in a Chinese temperate city: A twenty-year time-series data analysis.* Environment International, vol. 36, pp. 439–445.
- Zhang, Y, Feng, C, Ma, C, Yang, P, Tang, S, Lau, A, Sun, W & Wang, Q. 2015. *The impact of temperature and humidity measures on influenza A (H7 N9) outbreaks-evidence from China.* International Journal of Infectious Diseases, vol. 30, pp. 122-124.
- Zhou, G, Minakawa, N, Githeko, A & Yan, G. 2004. *Association between climate variability and malaria epidemics in the East African highlands.* Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, vol. 101, pp. 2375-2380.

Received February 13, 2018.
Accepted April 24, 2018.