

Predicción del establecimiento potencial del mosquito *Aedes aegypti* en espacios urbanos no habitacionales en Colombia, usando variables ecourbanas y paisajísticas

Prediction of the potential establishment of the mosquito *Aedes aegypti* in non-residential urban spaces in Colombia using eco-urban and landscape variables

Reinaldo José Fajardo-Herrera¹, Juan Carlos Valdelamar-Villegas², Darlis Arrieta-Pérez¹

RESUMEN

El presente trabajo se centró en el desarrollo de una metodología para la rápida identificación de sitios urbanos no habitacionales, potencialmente aptos para el establecimiento del mosquito *Aedes aegypti*, vector de graves enfermedades como el dengue y el zika; para ello se realizaron actividades de campo y laboratorio que permitieron caracterizar aspectos ambientales en zonas secas y humedales de cuatro lugares de Cartagena-Colombia. En cada sitio se caracterizó la riqueza de plantas, disposición de residuos, permeabilidad del suelo, perfil granulométrico y algunos elementos distintivos del paisaje (presencia de edificaciones, vías, espacios abiertos, zonas verdes y canales de drenaje de agua) de la parte terrestre, y seis variables fisicoquímicas en los humedales (pH, oxígeno disuelto, sólidos totales disueltos, salinidad y temperatura). La información colectada se analizó estadísticamente mediante métodos inferenciales y análisis multivariado. Los resultados obtenidos permitieron identificar a la permeabilidad del suelo como la variable característica de la heterogeneidad espacial de las zonas secas, destacándose además las inmediaciones del arroyo Matute y la laguna del Cabrero por su rápida permeabilidad. En cuanto a los humedales, el caño de Bazaruto fue el lugar que presentó mayores posibilidades para el establecimiento de *A. aegypti*.

PALABRAS CLAVE: evaluación y prevención del riesgo; vector; mosquito de la fiebre amarilla; humedales; permeabilidad; uso de la tierra.

ABSTRACT

This project focused on the development of a methodology for the rapid identification of non-residential urban sites that are potentially suitable for the establishment of *Aedes aegypti*, a vector of serious diseases such as dengue and zika. Activities were carried out in the field and laboratory that characterized environmental aspects in dry areas and wetlands in four places in Cartagena. The following were characterized for land: the wealth of plants, luminosity, waste disposal, soil permeability, granulometric profile and some distinctive elements of the landscape (presence of buildings, roads, open spaces, green areas and water drainage channels), along with six physicochemical variables for wetlands (pH, dissolved oxygen, total dissolved solids, salinity and temperature). The collected information was statistically analyzed using inferential methods and multivariate analysis. The results identified the soil permeability as terrestrial spatial heterogeneity, characterized with variability. The Matute stream and Cabrero lagoon stood out because of their rapid permeability; The Bazaruto stream urban wetland area was identified as having the highest potential for the establishment of *A. aegypti* because of its eco-urban characteristics.

KEY WORDS: risk assessment and prevention; vector; yellow fever mosquito; wetlands; permeability; land use.

1 Programas Ambientales, Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco. Cartagena, Colombia. ORCID Fajardo-Herrera R.J.: 0000-0001-5936-8561; reynaldofajardoherrera@gmail.com. ORCID Arrieta-Pérez, D.: 0000-0002-5817-6952

2 Grupo de Química Ambiental y Computacional, Universidad de Cartagena. Cartagena, Colombia. ORCID Valdelamar-Villegas, J.C.: 0000-0001-5658-2431

Introducción

La familia de mosquitos Culicidae (Diptera), tiene aproximadamente 3.600 especies descritas, ampliamente distribuidas en la mayoría de los ambientes del planeta (Harbach, 2013); sin embargo, en este grupo se destaca la especie *Aedes aegypti* (L.) por representar una seria amenaza para la salud humana, debido a que se ha identificado que la especie puede transmitir graves enfermedades de importancia para la salud pública, como el dengue, chikungunya y zika, las cuales afectan principalmente, a las poblaciones vulnerables que habitan en zonas de clima cálido, con bajo nivel de desarrollo socioeconómico (Pastula et al., 2016; Saxena et al., 2016). Este mosquito se desarrolla en humedales naturales con productividad discreta de zooplancton que sirve de alimento a sus larvas; aunque también pueden hallarse en criaderos artificiales generados a partir de la disposición inadecuada de residuos sólidos como las llantas de automóviles, botellas y algunos artefactos plásticos que usualmente se encuentran en las zonas urbanas (Sardiñas-Peña et al., 2008; Li et al., 2015; Wen et al., 2015), cercanos a las viviendas humanas y su peri-domicilio (jardines, construcciones anexas y patios), en estos lugares los mosquitos encuentran condiciones ideales para la postura de sus huevos en la interfase agua-aire, como la ausencia de larvas competidoras, y de predadores, facilitándose de esta manera su crecimiento y desarrollo (US-EPA, sf; Talaga et al., 2017).

A pesar del conocimiento que se tiene de la relación entre las condiciones ambientales (latitud, altitud, temperatura ambiente y humedad), sociales (densidad poblacional, tipo de viviendas, residuos sólidos almacén de agua, estado socioeconómico) y el desarrollo de las poblaciones de mosquitos, todavía son poco efectivas las estrategias de control y vigilancia de estos vectores (Wong y Jim, 2016), teniendo que recurrir a metodologías de monitoreo tradicional, basadas en la captura con trampas y redes, encuestas larvianas y control de puntos estratégicos, los cuales requieren además, un gran esfuerzo de muestreo (Marquetti et al., 2000; Mora-Covarrubias et al., 2010).

La aplicación de métodos tradicionales para el monitoreo de mosquitos, es útil para confirmar o no la presencia de estos organismos en un ecosistema,

sin embargo, a partir de estas se hace imposible inferir de manera anticipada el riesgo potencial que pueden representar algunos lugares para el establecimiento de poblaciones de mosquitos, y mucho menos predecir el riesgo de contraer algún tipo de enfermedad transmitida por estos vectores (Tian et al., 2015; Izzah et al., 2016). Debido a la importancia que reviste el conocimiento de manera anticipada de sitios potencialmente aptos para el establecimiento del mosquito *A. aegypti*, el presente trabajo tuvo como propósito identificar un conjunto de variables ecourbanas y paisajísticas a partir de las cuales se pueda predecir el potencial establecimiento del mosquito *A. aegypti* en espacios urbanos no habitacionales en Colombia.

Materiales y métodos

Área de estudio

La ciudad de Cartagena (Caribe colombiano), se caracteriza por tener clima de tipo tropical semiárido; además presenta dos periodos estacionales y uno de transición, altamente influenciados por la disponibilidad de la precipitación, el primero de este corresponde al periodo seco, que se extiende desde diciembre hasta abril, caracterizándose por vientos fuertes del sector Norte - Noreste y lluvias débiles y escasas. Mientras que la época húmeda se caracteriza por la presencia de lluvias que se extiende desde agosto a noviembre. Se caracteriza por vientos débiles, de orientación variable y por un régimen de lluvias abundantes. El periodo de transición, conocido regionalmente como veranillo de San Juan, ocurre entre los meses de mayo y julio, y se caracteriza por la presencia de vientos uniformes y fuertes, con dirección Norte - Noreste (DIMAR-CIOH, 2009). La temperatura atmosférica varía entre 22,4 y 34 °C; mientras que la humedad relativa alcanza valores entre 81 y 85%, con precipitación que puede variar de 0 a 180,8 mm/año. El brillo solar alcanza valores que van desde 165,7 hasta 242 h/décimos. El anterior comportamiento climático, está determinado por los desplazamientos Norte - Sur de la zona de convergencia intertropical (Z.C.I.), (CIOH, 2009).

Se ubicaron cuatro puntos de muestreo (Figura 1). El primer punto, ubicado en la zona suroccidental

de la ciudad, cercano al arroyo de Matute (10°22'24,2" N; 75°27'07,2" W), el segundo se localizó en las inmediaciones de la ciénaga de la Virgen (10°25'05,9" N; 75°30'56,5" W), en el sureste, y los dos restantes se ubicaron en el norte, en las zonas aledañas a la laguna del Cabrero (10°25'51,6" N; 75°32'32,3" W) y el caño de Bazurto (10°25'04,3" N; 75°32'07,4" W).

Caracterización de variables paisajísticas y ambientales

La selección de los puntos de muestreo se efectuó teniendo en cuenta la cercanía a los humedales internos y estratégicos de la ciudad. En cada uno de los puntos se realizó una inspección visual de la zona, un registro fotográfico, y el diligenciamiento de un formato en el que se describían los principales aspectos



Figura 1. Lugares analizados en Cartagena de Indias para identificar el establecimiento de *A. aegypti*.

- 1) Inmediaciones del arroyo Matute; 2) inmediaciones de la ciénaga de la Virgen;
- 3) laderas de la laguna del Cabrero; 4) inmediaciones del caño de Bazurto

Tabla 1. Variables paisajísticas y ambientales utilizadas para identificar el establecimiento de *A. aegypti*

Variable	Forma de evaluación	Importancia
Riqueza vegetal	A partir de la composición de las especies de plantas presentes en cada sitio (Villareal et al., 2004)	Presencia de especies de plantas a las que puedan estar asociadas arañas u otros insectos predadores de los vectores
Tipología residuos sólidos	Mediante la identificación de los principales residuos sólidos presentes en el sitio	Presencia de posibles sitios para el establecimiento de los vectores
Permeabilidad del suelo	De acuerdo con la metodología propuesta por la FAO (2003), a una profundidad de 20 a 30 cm	Capacidad de retención de agua superficial que facilite la formación de charcos temporales donde se establezcan los vectores
Perfil granulométrico del suelo	Muestras de suelo tamizadas (120 a 450 μm), (norma D2217; ASTM International, 1998)	Propiedades mecánicas del suelo, que permiten inferir su capacidad de infiltración del agua en el suelo
Diversidad del paisaje	Registro de elementos del paisaje: edificaciones (habitacionales, escuelas, hospitales o empresas), vías, espacios abiertos, zonas verdes, canales de drenaje de agua (Gill et al., 2008)	Edificaciones, viviendas y otras obras de infraestructura que puedan estar asociadas con la disponibilidad de espacios para el establecimiento de vectores

ecológicos y paisajísticos del lugar (Figura 1), con varios criterios relacionados (Tabla 1). De forma paralela, en el agua de los humedales se midieron las variables fisicoquímicas: oxígeno disuelto (mg L^{-1}), pH, conductividad (mS cm^{-1}), sólidos totales disueltos (mg L^{-1}), salinidad y temperatura ($^{\circ}\text{C}$), con el medidor multiparámetro Hanna (Woonsocket, RI).

Procesamiento y análisis de los datos

Con la información recopilada sobre las diferentes variables medidas, se realizaron análisis estadísticos descriptivos, basados en el cálculo de frecuencias relativas (variables cualitativas), así como también de la media aritmética y respectiva desviación estándar para el caso de las variables (cuantitativas). Posteriormente se realizó un análisis de correspondencia para identificar la asociación entre las variables analizadas con el objeto de identificar los sitios potenciales para el establecimiento de *A. aegypti*, teniendo en cuenta los requerimientos ambientales de la especie. Igualmente se comparó el promedio de las variables fisicoquímicas medidas en el agua de los humedales aledaños a cada sitio de muestreo, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de una vía. Luego se realizaron comparaciones múltiples de las medias, utilizando el método de Tukey (Montgomery, 2004); esto cumpliendo los supuestos de normalidad, homocedasticidad e independencia de los residuos. Teniendo en cuenta las características

físico-químicas del agua, se realizó la agrupación de los sitios mediante un análisis clúster empleando el método del vecino más cercano. La totalidad de los análisis estadísticos se realizó con ayuda del *software* de libre distribución, PAST3 (Hammer et al., 2001) y el paquete estadístico Prism 6.0c.

Resultados

Riqueza vegetal

Como resultado de las actividades de campo y laboratorio, para el caso de las plantas, se reportan 11 especies, representantes de igual número de familias, destacándose el sector aledaño a la ciénaga de la Virgen y al caño de Bazurto, por presentar la mayor riqueza de especies (cuatro), con respecto a los otros lugares en los que se observaron solo tres especies en cada uno; siendo las únicas especies compartidas en dos de estos lugares, *Conocarpus erectus* (L.) y *Digitaria* sp. (Tabla 2). Esta condición permite deducir las particularidades ecológicas de cada zona para el establecimiento de plantas y posiblemente de animales como arañas, que juegan un papel importante como controladores biológicos de vectores.

Tipología de residuos sólidos

Con respecto a la caracterización de los residuos sólidos, se observó que el plástico representado principalmente en bolsas y envases, fue el residuo

Tabla 2. Especies de plantas presentes en cuatro espacios urbanos no habitacionales de Cartagena de Indias

Familia	Especie	Nombre vernáculo	AM	CV	LC	CaB
Batidaceae	<i>Batis marítima</i> (L.)	Verdolaga de mar				X
Combretaceae	<i>Conocarpus erectus</i> (L.)	Mangle zaragoza		X	X	
Bignoniaceae	<i>Crescentia cujete</i> (L.)	Totumo	X			
Poaceae	<i>Digitaria</i> sp.	Maleza	X		X	
Fabaceae	<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Kunth ex Walp.	Mataratón	X			
Anacardiaceae	<i>Mangifera indica</i> (L.)	Mango		X		
Portulacaceae	<i>Portulaca oleracea</i> (L.)	Verdolaga			X	
Rhizophoraceae	<i>Rhizophora mangle</i> (L.)	Mangle rojo		X		X
Arecaceae	<i>Roystonea</i> sp.	Palmera				X
Bignoniaceae	<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) DC.	Roble rosado				X
Combretaceae	<i>Terminalia catappa</i> (L.)	Almendro		X		
Riqueza específica			3	4	3	4

Inmediaciones del arroyo Matute (AM), ciénaga de la Virgen (CV), laguna del Cabrero (LC) y caño de Bazurto (CaB)

dominante en todos los puntos de muestreo, siendo menos representativa la presencia de escombros, metales y material orgánico (Figura 2). El hecho que el plástico sea el material más abundante resulta preocupante, debido a su carácter impermeable, lo cual facilita el almacenamiento temporal de agua que puede servir como sustrato para el establecimiento de mosquitos.

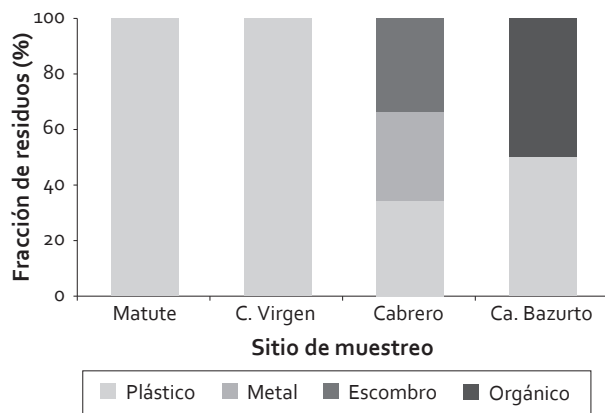


Figura 2. Tipología de residuos sólidos dominantes en cuatro espacios urbanos no habitacionales de Cartagena de Indias

Permeabilidad y características granulométricas del suelo

Teniendo en cuenta los criterios establecidos por la FAO (2003), el análisis de la permeabilidad del suelo (Figura 3), permitió conocer, que en las inmediaciones del arroyo Matute y la laguna del Cabrero, la permeabilidad es muy rápida, con valores de 100 y 75 cm h^{-1} , respectivamente, mientras que en las zonas aledañas al caño de Bazurto y la ciénaga de la Virgen, la permeabilidad fue moderadamente rápida (9,0 y 12,6 cm h^{-1} , respectivamente). Este comportamiento está en correspondencia con el análisis granulométrico, a partir del cual se demostró que el suelo estaba conformada principalmente por tres tipos de arena: gruesa, media y fina; caracterizándose la zona aledaña al arroyo Matute y a la laguna del Cabrero por presentar mayor porcentaje de arena gruesa (49 y 54%, respectivamente), ocurriendo lo contrario en las zonas aledañas a la ciénaga de la Virgen y el caño de Bazurto, donde la fracción de arena fina tuvo mayor representación (46 y 60%, respectivamente) (Figura 4).

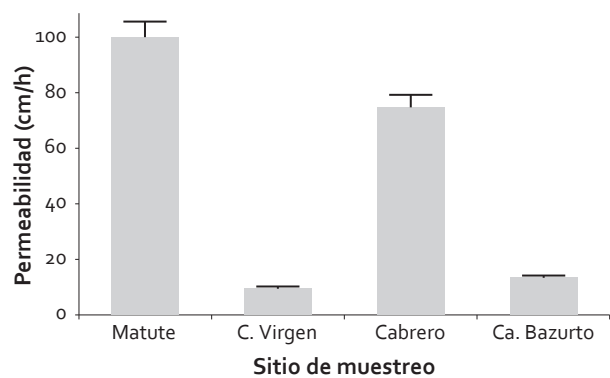


Figura 3. Promedio del índice de permeabilidad del suelo en cuatro espacios urbanos no habitacionales de Cartagena de Indias

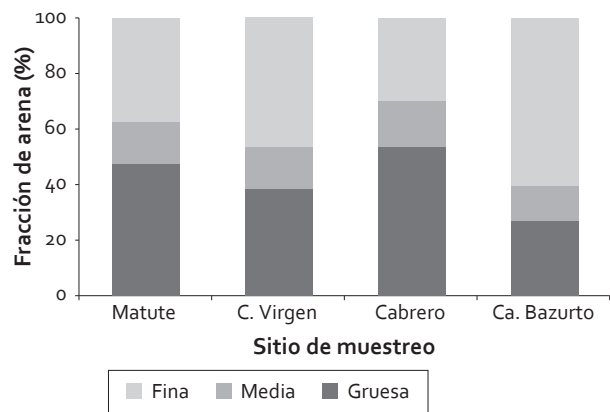


Figura 4. Composición granulométrica de la arena presente en el suelo en cuatro espacios urbanos no habitacionales de Cartagena de Indias

Correspondencia de las variables ambientales y paisajísticas

El análisis de correspondencia (Figura 5), mostró que los dos primeros componentes obtenidos, explicaban más del 99% la variabilidad espacial de las variables analizadas en los puntos de muestreo. A través de este análisis se realizó un agrupamiento del paisaje, la riqueza de plantas y las características de las vías. Se encontró que de manera diferente la permeabilidad del suelo, la cual tuvo mayor peso en el componente uno, indicando que la variación espacial está caracterizada por un mayor peso de esta variable en las inmediaciones del arroyo Matute, con respecto a los valores encontrados en los otros tres lugares analizados.

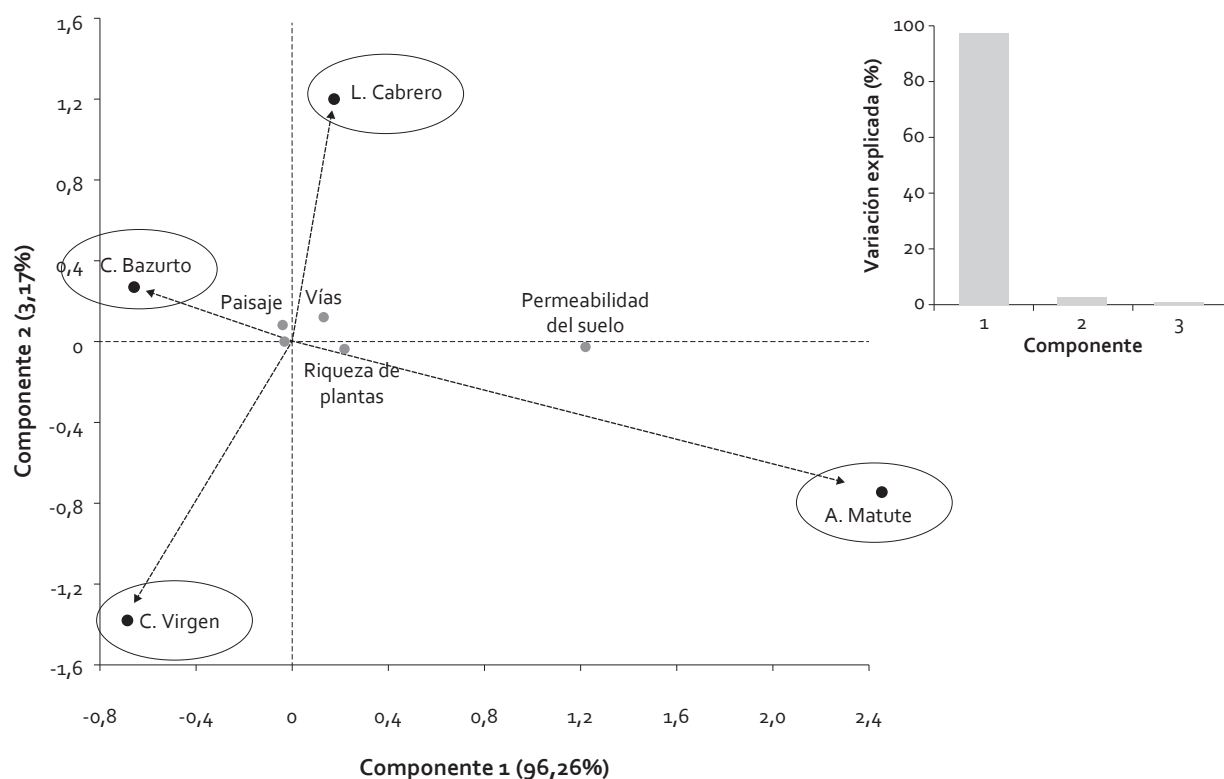


Figura 5. Análisis de correspondencia entre las variables ambientales y paisajísticas de la Tabla 1

Comportamiento espacial de las variables fisicoquímicas del agua

Con respecto al comportamiento espacial de las variables fisicoquímicas en los humedales analizados, se observó heterogeneidad en cuanto a los valores de las mismas, como se pudo corroborar a través del ANOVA (Tabla 3), donde se observa que todos los humedales presentaron diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$), con respecto a las

variables pH, oxígeno disuelto, conductividad, sólidos totales disueltos, salinidad y temperatura.

Complementario con el ANOVA, el análisis de agrupamiento clúster permitió diferenciar dos grupos de humedales, el primero conformado por la laguna del Cabrero y el caño de Bazurto, y el segundo conformado por el arroyo Matute y la ciénaga de la Virgen (Figura 6). Caracterizándose el primer grupo por presentar mayor valor en casi la totalidad de

Tabla 3. Parámetros fisicoquímicos de cuatro humedales urbanos de Cartagena de Indias

Variable	AM	CV	CB	LC
	Media \pm EE	Media \pm EE	Media \pm EE	Media \pm EE
pH	7,34 \pm 0,01 d	7,42 \pm 0,03 b	7,15 \pm 0,01 a	6,91 \pm 0,01 c
Oxígeno disuelto (mg L^{-1})	0,57 \pm 0,01 d	1,18 \pm 0,02 b	1,91 \pm 0,01 a	2,71 \pm 0,05 c
Conductividad (mS cm^{-1})	1,59 \pm 0,01 d	20,25 \pm 0,62 b	94,64 \pm 0,03 a	87,45 \pm 0,01 c
Sólidos totales disueltos (mg L^{-1})	0,80 \pm 0,01 d	10,13 \pm 0,31 b	47,32 \pm 0,01 a	43,72 \pm 0,01 c
Salinidad	0,80 \pm 0,01 d	12,00 \pm 0,40 b	67,85 \pm 0,03 a	61,67 \pm 0,01 c
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	27,52 \pm 0,08 d	30,60 \pm 0,04 b	29,95 \pm 0,01 a	32,36 \pm 0,01 c

Caño de Bazurto (CB), ciénaga de la Virgen (CV), laguna del Cabrero (LC) y arroyo Matute (AM).

Promedios con letras diferentes entre filas, indican diferencias estadísticamente significativas entre los sitios, con $P < 0,05$

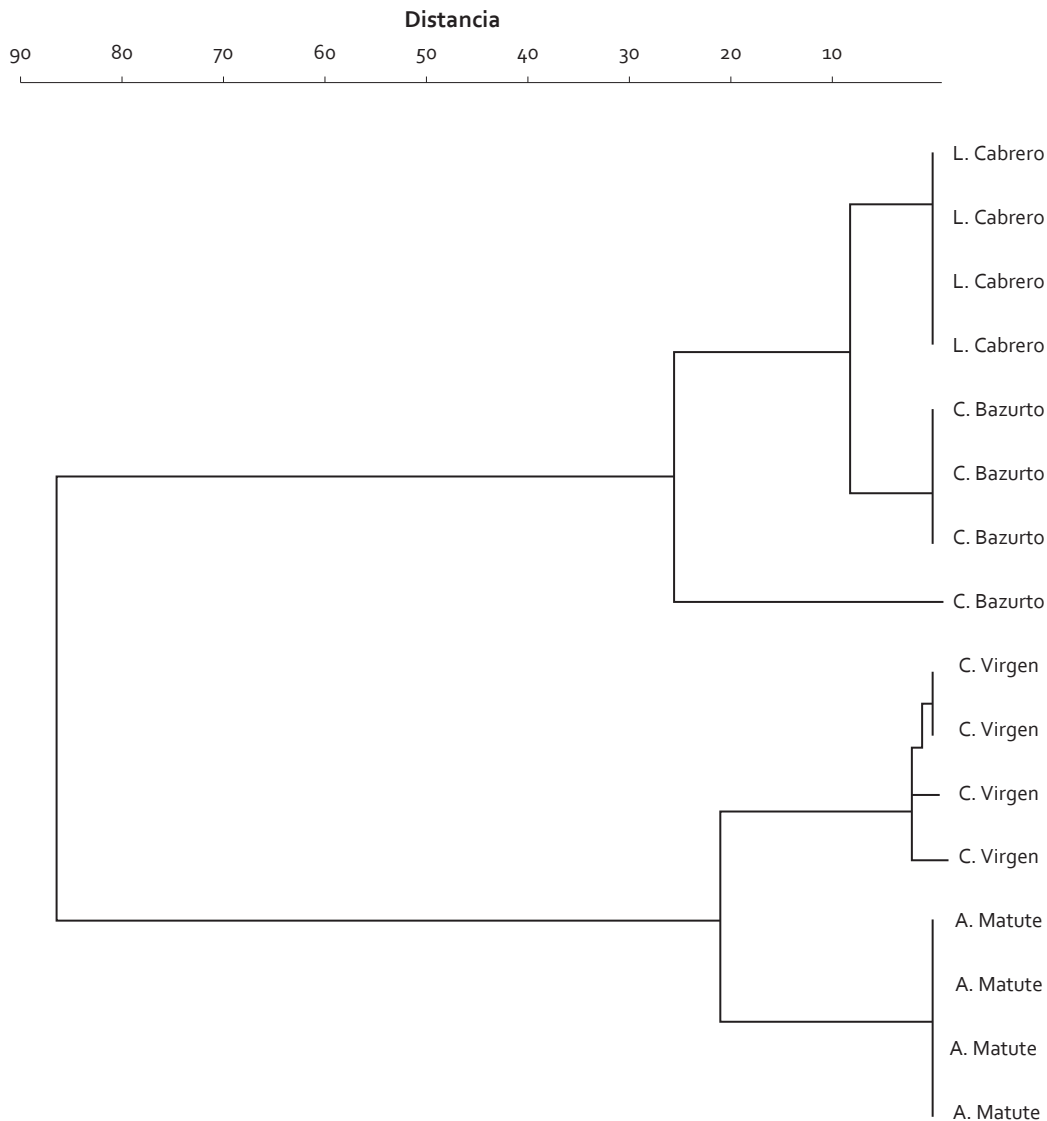


Figura 6. Dendrograma de clasificación en cuatro humedales urbanos de Cartagena de Indias, teniendo en cuenta las variables fisicoquímicas del agua de la Tabla 3.

variables fisicoquímicas analizadas, a excepción del pH; lo cual pone de manifiesto el gradiente de distribución espacial que existe de las variables fisicoquímicas del agua en los humedales analizados, con respecto a su cercanía a las aguas marinas tanto de la bahía de Cartagena como de la zona costera norte.

Discusión y conclusión

Aedes aegypti manifiesta hábitos diurnos en su fase acuática, su carácter fotosensible hace que la especie tenga inclinación por lugares oscuros, silenciosos y sombríos (Espinoza-Gómez, 2001). Esta condición hace que la especie prefiera las condiciones

favorables que se dan en las ciudades para su desarrollo, como lo son, la presencia de residuos como las llantas, jarrones, cilindros plásticos, floreros, macetas, y otros sumideros domiciliarios, capaces de brindarles agua y protección solar (Sardiñas-Peña et al., 2008). También pueden habitar en algunas plantas para evitar ser depredados y poder completar parte de su desarrollo (Montero, 2009; Nielsen et al., 2013).

La presencia de elementos representativos de los ambientes ecourbanos como los residuos sólidos plásticos, al igual que características ambientales como la permeabilidad del suelo, son importantes para el establecimiento del vector *A. aegypti*, ya que

el hecho de encontrarse en un ecosistema de superficies impermeables o semipermeables capaces de retener agua durante un tiempo prudente, posibilita el establecimiento de huevos y posterior desarrollo de larvas del mosquito (Hernández-Quiñones et al., 2009), especialmente cuando se ubican cerca a zonas de vegetación que proyectan un gran área de sombra (Marquetti, 2008). En este sentido, las zonas aledañas a la ciénaga de la Virgen y al caño de Bazurto resultan propicias para el establecimiento de vectores, debido a la baja tasa de permeabilidad del suelo, y la alta presencia de residuos plásticos que posibilitan el estancamiento del agua; además de ello en ambas zonas se presenta la mayor riqueza de especies de plantas (4), encontrándose entre estas, dos representantes de las formaciones de mangle, las cuales según Navarro (1998), pueden servir de refugio para algunas especies de Culicidae.

Con respecto a los humedales analizados, todos estos tuvieron las condiciones de temperatura del agua favorables para la incubación *A. aegypti*, ya que está varío entre 27,52 y 30,6 °C, lo cual se encuentra en el óptimo (25 - 29°C) para la especie (Montero, 2009). Valores inferiores o superiores a los establecidos en el anterior rango, impiden el nacimiento y desarrollo larval de *A. aegypti* (Espinoza-Gómez, 2001). Además de las condiciones térmicas, otros estudios han demostrado que la especie se desarrolla normalmente en sitios con baja velocidad del viento, en lugares con pH variable de 7,11 a 8,8 y conductividad de 0,41 a 0,91 mS cm⁻¹ (Sardiñas-Peña et al., 2008; Dibo et al., 2011; Wong y Jim, 2017). En este contexto, se puede afirmar que solo en el arroyo Matute es donde se presentan las mejores condiciones para el establecimiento del mosquito *A. aegypti*, ya que este fue el único humedal en el que además de todos los parámetros fisicoquímicos contemplados, la conductividad del agua tuvo el valor (1,59 ± 0,01 mS cm⁻¹), más cercano al requerido para el desarrollo adecuado de la especie.

La posibilidad de crecimiento poblacional de *A. aegypti* puede incrementarse con las actuales condiciones ecourbanas y de calidad de vida de las personas, debido a los cambios ambientales que estas han impuesto, principalmente en cuanto al uso del suelo (Izzah et al. 2016); el cual ha perdido de

manera progresiva su cobertura vegetal, contribuyendo con el establecimiento del 50% de las especies de mosquitos presentes en los ecosistemas urbanos (Burkett-Cadena y Vittor, 2017). El establecimiento de focos de proliferación de mosquitos, también ha sido relacionado con el estilo de vida de las comunidades humanas, principalmente con el bajo nivel de educación y el acceso limitado a los recursos económicos (Mena et al., 2011; Samson et al., 2015); situaciones a las que no son ajenas muchas comunidades de Cartagena.

De los cuatro lugares estudiados se identificó al caño de Bazurto y la ciénaga de la Virgen como los ecosistemas más propensos para el establecimiento de la especie de la familia culicidae, según el análisis de las variables ecourbanas.

La metodología desarrollada, constituye una herramienta para la identificación rápida de sitios aptos para el desarrollo de la especie *A. aegypti*, a partir del análisis de características paisajísticas y ambientales en zonas aledañas a los cuerpos de agua de la ciudad de Cartagena, lo cual servirá como soporte para tomar decisiones asociadas con la generación de estrategias de control de la especie, contribuyendo significativamente al manejo de la salud ambiental en las ciudades colombianas, principalmente en aquellas con mayor grado de susceptibilidad para el asentamiento del vector, por su ubicación geográfica.

Los resultados aquí propuestos sirven como base para la estandarización de una metodología orientada hacia el control anticipado de las poblaciones del mosquito *A. aegypti*, en sitios naturales de las zonas urbanas, con alto potencial de establecimiento y desarrollo de la especie.

Agradecimientos

A la Dirección de Investigaciones de la Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco por el apoyo económico brindado para la ejecución de este proyecto (Convocatoria Proyectos de Menores Cuantías – 2015), a Abigail Camargo y Lina Díaz por su apoyo en la fase de campo, y al Programa Nacional para Formación Doctoral (COLCIENCIAS-Doctorado Nacional N° 647 de 2014).

Contribuciones de autoría. Fajardo-Herrera, R.J.: desarrollo de actividades de campo, análisis de muestras en el laboratorio y redacción del documento. Valdellamar-Villegas, J.C.: desarrollo de actividades de campo, análisis estadístico y redacción del documento. Arrieta-Pérez, D.: Actividad de campo y procesamiento de muestras en el laboratorio.

Conflicto de intereses. El manuscrito fue preparado y revisado con la participación de los autores, quienes declaran no tener algún conflicto de interés que coloque en riesgo la validez de los resultados aquí presentados.

Bibliografía

- ASTM International, 1998. Standard practice for wet preparation of soil samples for particle-size analysis and determination of soil constants (Withdrawn 2007). ASTM D2217-85. West Conshohocken, PA.
- Burkett-Cadena, N., Vittor, A., 2017. Deforestation and vector-borne disease: forest conversion favors important mosquito vectors of human pathogens. *Basic Appl. Ecol.* DOI: 10.1016/j.baae.2017.09.012
- Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas (CIOH), s.f. Climatología Cartagena de Indias. Disponible en: http://www.cioh.org.co/dev/proserv/dat_generales.htm#Climatologia; consultado: diciembre, 2015
- Dibo, M., Menezes, R., Ghirardelli, C., Mendonça, A., Chiaravalloti-Neto, F., 2011. Presença de culicídeos em município de porte médio do Estado de São Paulo e risco de ocorrência de febre do Nilo Ocidental e outras arboviroses. *Rev. Soc. Bras. Med. Trop.* 44, 496-503. DOI: 10.1590/S0037-86822011000400019
- Dirección General Marítima (DIMAR); Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas (CIOH), 2009. Caracterización físico-biótica del litoral Caribe colombiano. Tomo I. Serie Publicaciones Especiales CIOH Vol. 1. Cartagena de Indias, Colombia.
- Espinoza-Gómez, F., Hernández-Suárez, C., Coll-Cárdenas, R., 2001. Factores que modifican los índices larvarios de *Aedes aegypti* en Colima, México. *Rev. Panam. Salud Pública* 10, 6-12.
- FAO, 2003. Permeabilidad del suelo. En: Pedini, M., Coche, A., (Comp.). CD-ROM sobre métodos sencillos para la acuicultura. Colección FAO Capacitación. Disponible en: ftp://ftp.fao.org/fi/CDrom/FAO_training/FAO_training/General/x6706e/x6706e09.htm#top; consultado: diciembre, 2015.
- Gill, S., Handley, J., Ennos, A., Pauleit, S., Theuray, N., Lindley, S., 2008. Characterising the urban environment of UK cities and towns: a template for landscape planning. *Lansc. Urban Plan.* 87, 210-222. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2008.06.008
- Hammer, Ø., Harper, D., Ryan, P., 2001. Past: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontol. Electron.* 4(1).
- Harbach, R., 2013. Mosquito taxonomic inventory. Disponible en: <http://mosquito-taxonomic-inventory.info/>; consultado: diciembre, 2015.
- Hernández-Quiñones, S., Noriega-Bravo, V., Echemendía-Cursi, B., Ponce-Cárdenas, F., 2009. Conocimientos y prácticas sobre prevención y control del *Aedes aegypti* en una zona de riesgo. *Rev. Cubana Med. Gen. Integr.* (online) 25, http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21252009000100002; consultado: diciembre, 2015.
- Izzah, L., Majid, Z., Ariff, M., Fook, C., 2016. Geospatial analysis of urban land use pattern analysis for hemorrhagic fever risk. A review. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.* XLII-4/W1, 37-53. DOI: 10.5194/isprs-archives-XLII-4-W1-37-2016
- Li, Y., Li, Y., Qureshi, S., Kappas, M., Hubacek, K., 2015. On the relationship between landscape ecological patterns and water quality across gradient zones of rapid urbanization in coastal China. *Ecol. Model.* 318, 100-108. DOI: 10.1016/j.ecolmodel.2015.01.028
- Marquetti, M., Valdés, V., Aguilera, L., Navarro, A., 2000. Vigilancia entomológica de *Aedes (S) aegypti* y otros culicídeos en Ciudad de La Habana, Cuba 1991-1996. *Rev. Cubana Med. Trop.* 52, 133-137.
- Marquetti, M., 2008. Aspectos bioecológicos de importancia para el control de *Aedes aegypti* y otros culicídeos en el ecosistema urbano. Tesis de doctorado. Departamento de Control de Vectores, Instituto de Medicina Tropical "Pedro Kouri", La Habana. 186 p.
- Mena, N., Troyo, A., Bonilla-Carrión, R., Calderón-Arguedas, O., 2011. Factores asociados con la incidencia de dengue en Costa Rica. *Rev. Panam. Salud Pública* 29, 234-242.
- Montero, G., 2009. Biología de *Aedes aegypti* Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/fauna/Fauna_insectos/79-Aedes_aegypti.pdf; consultado: enero, 2016.
- Montgomery, D., 2004. Diseño y análisis de experimentos. 2a ed. Ed. Limusa; Wiley, México DF. 686 p.
- Mora-Covarrubias, A., Jiménez-Vega, F., Treviño-Aguilar, S., 2010. Distribución geoespacial y detección del virus del dengue en mosquitos *Aedes (Stegomyia) aegypti* de Ciudad Juárez, Chihuahua, México. *Salud Pública Méx.* 52, 127-133.
- Navarro, J., 1998. Fauna de mosquitos (Diptera: Culicidae) del Parque Nacional Cerro El Copey y nuevos registros para La Isla de Margarita, Venezuela. *Bol. Entomol. Venez.* 13, 187-194.
- Nielsen, A., van-den-Bosch, M., Maruthaveeran, S., van-den-Bosch, C., 2013. Species richness in urban parks

- and its drivers: a review of empirical evidence *Urban Ecosyst.* 17, 305-327. DOI: 10.1007/s11252-013-0316-1
- Pastula, D., Smith, D., Beckham, J., Tyler, K., 2016. Four emerging arboviral diseases in North America: Jamestown Canyon, Powassan, chikungunya, and Zika virus diseases. *J. Neurovirol.* 22, 257-260. DOI: 10.1007/s13365-016-0428-5
- Samson, D., Archer, R., Alimi, T., Arheart, K., Impoinvil, D., Oscar, R., Fuller, D., Qualls, W., 2015. New baseline environmental assessment of mosquito ecology in northern Haiti during increased urbanization *J. Vector Ecol.* 40, 46-58. DOI: 10.1111/jvec.12131
- Sardiñas-Peña, O., García-Melían, M., Castillo, I., Fernández-Novio, M., 2008. Evaluación físico-química del agua de depósitos positivos a focos de *Aedes aegypti*. *Rev. Cubana Hig. Epidemiol.* (online) 46, http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032008000200003; consulted: diciembre, 2015.
- Saxena, S., Elahi, A., Gadugu, S., Prasad, A., 2016. Zika virus outbreak: an overview of the experimental therapeutics and treatment. *VirusDis.* 27, 111-115. DOI: 10.1007/s13337-016-0307-y
- Talaga, S., Dézerald, O., Carteron, A., Leroy, C., Carrias, J.-F., Céréghino, R., Dejean, A., 2017. Urbanization impacts the taxonomic and functional structure of aquatic macroinvertebrate communities in a small Neotropical city. *Urban Ecosyst.* 20, 1001-1009. DOI: 10.1007/s11252-017-0653-6
- Tian, H.-Y., Bi, P., Cazelles, B., Zhou, S., Huang, S.-Q., Yang, J., Pei, Y., Wu, X.-X., Fu, S.-H., Tong, S.-L., Wang, H.-Y., Xu, B., 2015. How environmental conditions impact mosquito ecology and Japanese encephalitis: an eco-epidemiological approach. *Environ. Int.* 79, 17-24. DOI: 10.1016/j.envint.2015.03.002
- US-EPA, s. f. Mosquito life cycle. Disponible en: <https://www.epa.gov/mosquitocontrol/mosquito-life-cycle>; consultado: mayo, 2016.
- Villareal, H., Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., Mendoza, H., Ospina, M., Umaña, A., 2004. Manual de métodos de para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de Inventarios de Biodiversidad, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, Bogotá. 236 p.
- Wen, T.-H., Lin, M.-H., Teng, H.-J., Chang, N.-T., 2015. Incorporating the human-*Aedes* mosquito interactions into measuring the spatial risk of urban dengue fever. *Appl. Geogr.* 62, 256-266. DOI: 10.1016/j.apgeog.2015.05.003
- Wong, G., Jim, C., 2016. Do vegetated rooftops attract more mosquitoes? Monitoring disease vector abundance on urban green roofs. *Sci. Total Environ.* 573, 222-232. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2016.08.102
- Wong, G., Jim, C., 2017. Urban-microclimate effect on vector mosquito abundance of tropical green roofs. *Build. Environ.* 112, 63-76. DOI: 10.1016/j.buildenv.2016.11.028