





EFFECTS OF LAND USE CHANGES AND CLIMATE CHANGE CAUSED BY ANTHROPOGENIC ACTIVITIES ON DENGUE VIRUS TRANSMISSION

EFFECTS OF LAND USE CHANGES AND CLIMATE CHANGE
CAUSED BY ANTHROPOGENIC ACTIVITIES ON DENGUE
VIRUS TRANSMISSION

Eduardo Aguirre González¹

 Orcid: 0009-0009-3890-4455

Alfredo Leal Sandoval^{1, 2}*

 Orcid: 0000-0003-3229-6072

 alfredoleal@uas.esu.mx

¹ Posgrado en Ciencias Biológicas de la Facultad de Biología. Ciudad Universitaria, Blvd. de las Américas y Blvd. Universitarios S/N. C. P. 80013, Culiacán Rosales, Sinaloa, México

² Facultad de Biología, Universidad Autónoma de Sinaloa. Ciudad Universitaria, Blvd. de las Américas y Blvd. Universitarios S/N. C. P. 80013, Culiacán Rosales, Sinaloa, México

*Autor de correspondencia

Recibido: 02 de diciembre de 2025

Aceptado: 09 de diciembre de 2025

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original.

Acta Biológica Mexicana Revista de la Facultad de Biología Vol. 2, Núm.3, ISSN (en trámite)

EFFECTOS DE LOS CAMBIOS EN EL USO DEL SUELO Y EL CAMBIO CLIMÁTICO OCASIONADOS POR LAS ACTIVIDADES ANTROPOGÉNICAS SOBRE LA TRANSMISIÓN DEL VIRUS DEL DENGUE

EFFECTS OF LAND USE CHANGES AND CLIMATE CHANGE CAUSED BY ANTHROPOGENIC ACTIVITIES ON DENGUE VIRUS TRANSMISSION

Eduardo Aguirre-González, Alfredo Leal-Sandoval

Resumen

Aedes aegypti es una especie urbanizada, lo que representa un desafío debido a la expansión de las ciudades y el crecimiento poblacional, favoreciendo su propagación y de esta forma, aumentando el riesgo de transmisión de enfermedades arbovirales. Por su parte, se ha observado que el aumento de temperatura favorece la proliferación y expansión de *Ae. aegypti*, al acelerar su ciclo biológico y permitir más generaciones en menos tiempo. Este efecto, junto con la variabilidad de precipitaciones, modifica la disponibilidad de hábitats para las fases inmaduras del mosquito, influyendo también en la cobertura terrestre y el uso del suelo. Por otro lado, el cambio en el uso del suelo ha facilitado la expansión de los hábitats de mosquitos, agravando el problema de enfermedades transmitidas por artrópodos, ya que algunos factores como la deforestación, la urbanización y el desarrollo agrícola han sido factores clave en la reemergencia de enfermedades como el dengue y la fiebre amarilla. Ante esto, se han realizado estudios con el fin de evaluar el impacto que tienen los cambios en el uso del suelo y el cambio climático sobre la distribución y abundancia de *Ae. aegypti*. sin embargo, la herramienta de modelado de nicho ecológico (ENM) es importante al momento de predecir las zonas de idoneidad de hábitat de estas especies, ya que de esta forma se puede observar los patrones de distribución con el tiempo.

Palabras clave: *Aedes aegypti*, dengue, cambio de uso de suelo, transmisión, riesgo.

Abstract

Aedes aegypti is an urbanized species, which presents a challenge due to urban sprawl and population growth, favoring its spread and thus increasing the risk of arboviral disease transmission. Furthermore, rising temperatures have been observed to favor the proliferation and expansion of *Ae. aegypti* by accelerating its life cycle and allowing for more generations in less time. This effect, along with rainfall variability, modifies the availability of habitats for the mosquito's immature stages, also influencing land cover and land use. On the other hand, chan-

ges in land use have facilitated the expansion of mosquito habitats, exacerbating the problem of arthropod-borne diseases, as factors such as deforestation, urbanization, and agricultural development have been key in the reemergence of diseases like dengue and yellow fever. In response, studies have been conducted to assess the impact of land-use changes and climate change on the distribution and abundance of *Ae. aegypti*. However, ecological niche modeling (ENM) is an important tool for predicting habitat suitability for these species, as it allows for the observation of distribution patterns over time.

Keywords: *Aedes aegypti*, dengue, land use change, transmission, risk.

Introduction

Familia Culicidae

Los mosquitos de la familia Culicidae comprenden un taxón monofilético que es característico por representar un grupo grande y abundante de organismos que se encuentran en regiones templadas y tropicales de todo el mundo, incluso en el círculo polar ártico (Wood y Borkent, 1989; Miller et al., 1997, Harbach y Kitching, 1998). Los mosquitos son más abundantes en las zonas tropicales y actualmente se reconocen alrededor de 3,490 especies, aunque esta cifra podría ser entre tres y cinco veces más grande, debido a la semejanza entre las especies (Harbach y Howard, 2007).

Estos organismos poseen un ciclo biológico holometábolo, el cual se caracteriza por presentar cuatro etapas en su vida: huevo, larva, pupa y el adulto (Rueda, 2008). Las hembras adultas de algunos géneros como

Aedes y *Anopheles* ponen los huevos de manera individual, mientras que en otros géneros como *Culex* o *Culiseta* ponen cientos a la vez, ya sea en la superficie del agua, en la superficie de la vegetación flotante o en los márgenes de contenedores artificiales sujetos a inundaciones (Foster y Walker, 2002; Rueda, 2008).

En la mayoría de las especies, los adultos de ambos sexos se alimentan de azúcar de las plantas durante toda su vida, sin embargo, las hembras (salvo excepciones) son además hematófagas, y obtienen sangre de toda clase de vertebrados, aunque tienden a preferir la sangre de aves y mamíferos (Maciá y Micieli, 2023). Las hembras de algunas especies domésticas pueden ingerir el

azúcar con poca frecuencia o nunca, como en las especies *Aedes aegypti* y *Anopheles gambiae*, las cuales utilizan la sangre de los vertebrados para la obtención de energía y para la reproducción; por su parte, la alimentación por medio de sangre en las hembras rara vez comienza hasta al menos 1-3 días después de emerger, y generalmente esta no comienza hasta después del apareamiento y la alimentación con azúcar (González et al., 2016; Foster y Walker, 2019).

Importancia de la familia Culicidae

Los mosquitos son los insectos con mayor importancia en salud pública debido a que estos funcionan como vectores de diversas enfermedades que afectan al hombre, así como a los animales domésticos y silvestres (González et al., 2016). Los patógenos que pueden transmitir se engloban en tres grupos: arbovirus, protozoos y nematodos (González et al., 2016; Foster y Walker, 2019). Los arbovirus son un grupo de virus los cuales poseen la capacidad de replicarse en el interior de hospederos artrópodos y se han reconocido más de 500, de los cuales, aproximadamente 100 pueden afectar al ser humano y 40 a los animales domésticos, no obstante, los arbovirus más importantes que son transmitidos por mosquitos hacia los humanos se clasifican en tres familias: *Togaviridae* (Chikungunya, encefalitis equina), *Bunyaviridae* (Fiebre del Valle del Rift) y *Flaviviridae* (Fiebre amarilla, Dengue, Zika y encefalitis de San Luis) (Rueda, 2008; Gonza-

lez et al., 2016). Por otro lado, diversas especies de los géneros *Culex* (*Cx. tarsalis*, *Cx. pipiens*, *Cx. quinquefasciatus*) y *Aedes* (*Ae. aegypti*, *Ae. albopictus*) funcionan como vectores principales de estas enfermedades (González et al., 2016).

Dengue: actualidad

El dengue es una enfermedad ocasionada por el virus del dengue (DENV), la cual tiene una gran importancia a nivel mundial ya que es la infección transmitida por mosquitos más frecuente en todo el mundo, además de su capacidad de provocar pandemias; El DENV es transmitido por mosquitos vectores del género *Aedes*, principalmente *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus* (Fig. 14), los cuales se encuentran en las regiones tropicales y subtropicales del mundo (OPS y OMS, 2010; Torres et al., 2014; Guzmán y Harris, 2015). Existen cuatro variantes del virus estrechamente relacionadas, pero serológicamente distintas al género *Flavivirus* las cuales se categorizan como DENV-1, DENV-2, DENV-3 y DENV-4 (Velandia y Castellanos, 2011). La incidencia anual de la fiebre del dengue en el mundo es de aproximadamente 400 millones de afectados y se estima que en el continente asiático se encuentra un 75% de la carga de la enfermedad, seguido de Latinoamérica y África (Fig. 15) (OPS y OMS, 2010; Vaughn et al.,

2010; Salles et al., 2018). Dentro de los factores más importantes que inciden en la expansión de la enfermedad se encuentran el crecimiento poblacional, migración desde zonas rurales hacia las urbanas, falta de agua potable y la poca organización en los programas para el control de la enfermedad, además, en los últimos años, se ha descrito que el calentamiento global también puede ocasionar la expansión en la distribución de mosquitos vectores alrededor del mundo (Gutiérrez, 2018). En el año 2024, se registraron en el mundo alrededor de 14 millones de casos y más de 9000 muertes asociadas a la enfermedad (Haider et al., 2025). En México, durante el año 2024 se registraron un total de 125,160 casos confirmados de los cuales 68,249 se reportaron como dengue sin signos de alarma, 52,697 de dengue con signos de alarma y 4,214 de dengue grave, ocasionando un total de 478 defunciones (Fig. 16) (Padilla-Monroy y Amezcua-Jiménez, 2024).

Prevención contra el dengue

La Organización Mundial de la salud (OMS) advierte que la prevención o reducción de la propagación del DENV se relaciona con el control y reducción de vectores, así como evitar el contacto, por lo que promueve un enfoque estratégico conocido como control integrado de vectores (Dehesa-López y Gutiérrez-Alatorre, 2019). Las acciones para el control de la transmisión deben ser enfocadas a la eliminación del mosquito vector en sus es-

tadios inmaduros y en su etapa adulta (OMS, 2019). Se recomienda a las personas usar ropa que cubra la mayor parte del cuerpo con el fin de reducir la cantidad de piel expuesta y así, disminuir las posibilidad de ser picado, así como la aplicación de repelentes efectivos contra mosquitos, uso de insecticidas domésticos y mosquiteros, además de eliminar depósitos de agua cubriéndolos o vaciándolos con el fin de evitar la emergencia de los adultos (García-Yáñez et al., 2018; Baldi Mata et al., 2019; Dehesa-López y Gutiérrez-Alatorre, 2019).

Cambio de uso de suelo y su relación con el aumento de enfermedades transmitidas por artrópodos

Los hábitats naturales de mosquitos en muchas regiones del mundo son abundantes incluso sin modificaciones ambientales humanas, sin embargo, dichas alteraciones a menudo incrementan los problemas asociados con los mosquitos, ya que estos pueden expandir sus hábitats, crear nuevos hábitats o modificarlos, de manera que las poblaciones limitadas de mosquitos puedan explotar con la disponibilidad de nuevos hábitats (Mouchet y Carnevale, 1997). Los efectos del cambio en el uso del suelo por parte de los humanos han sido reconocidos desde hace tiempo como un factor que incrementa las enfermedades transmitidas por mosquitos

estas alteraciones pueden clasificarse en varias categorías amplias y superpuestas, incluyendo sistemas de retención de agua, deforestación, desarrollo agrícola y urbanización (Norris, 2004).

La deforestación ha estado fuertemente vinculada a la reemergencia de enfermedades transmitidas por mosquitos como la fiebre amarilla y la malaria en el continente americano (Walsh et al., 1993; Carmago et al., 1994; Vasconcelos et al., 1997). Por otro lado, la agricultura también es un factor que aumenta el riesgo de enfermedades, no solo porque las personas invaden los hábitats de los vectores, sino que se asocia con actividades que alteran las condiciones ambientales a favor de los mosquitos (Ramamany et al., 1992). Además, de manera indirecta, las actividades agrícolas generan sedimentación y escurrimiento, lo que puede disminuir la profundidad del agua, lo que beneficia a que los mosquitos puedan reproducirse en estas aguas poco profundas (Dian y Changxing, 2001). Por otro lado, se ha observado que el desarrollo agrícola puede alterar el clima local, modificando la capacidad vectorial de los mosquitos o incluso acelerar su desarrollo (Lindblade et al., 2000).

En esta misma línea, la urbanización está asociada con las actividades que alteran los hábitats y el comportamiento de los vectores, ya que la extensa red de tuberías subterráneas que manejan el agua pluvial sirve como hábitat artificial adecuado para algunas especies de mosquitos como *Culex spp* (Byrne y Nichols,

1999; Kay et al., 2000). En Australia se ha observado que los hábitats subterráneos pueden representar hasta el 78% de los mosquitos vectores durante la temporada seca, cuando el agua en la superficie es escasa (Russell et al., 2002).

Aedes aegypti: un vector afectado por el cambio climático

El vector principal del dengue *Ae. aegypti* podría tener un aumento en su densidad y distribución a futuro, debido a que el incremento de la temperatura favorece al aumento en las densidades de las poblaciones de mosquitos, acortando su ciclo biológico, lo que puede repercutir en un mayor número de generaciones en un solo año (Morin et al., 2013). Por lo tanto, cuando una región se calienta a niveles extremos y durante periodos prolongados, favorece a la existencia y el desarrollo de determinadas especies, por un lado, unas pueden aumentar significativamente sus poblaciones, en cambio, otras pueden expandir su rango de presencia natural, colonizando nuevas regiones. La variabilidad de las precipitaciones afecta la disponibilidad de hábitats para las larvas y pupas de *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus*, además, la temperatura interactúa con la lluvia como regulador principal de la evaporación, afectando también la disponibilidad de hábitats acuáticos (Guadalupe et al., 2016). De la

manera indirecta, las precipitaciones, la temperatura y la humedad pueden influir en la cobertura terrestre y el uso del suelo, lo que puede promover o dificultar el crecimiento de las poblaciones de vectores (Morin et al., 2013). Las características particulares que se han observado asociadas con la presencia de *Ae. aegypti* incluyen la urbanización, factores socioeconómicos, diseño y construcción de edificaciones, la calidad del suministro y manejo del agua, así como la calidad de otros servicios de infraestructura de salud pública (Christophers, 1960). El aumento del tamaño y densidad de poblaciones en las principales ciudades provoca mayores demandas sobre la infraestructura y los servicios esenciales, particularmente en los países en desarrollo, por lo que las respuestas a estas demandas pueden alterar drásticamente la idoneidad de una localidad para la reproducción urbana de los mosquitos (Monath, 1994). Por otro lado, las interacciones biológicas entre especies que ocupan nichos similares también pueden influir en la distribución y abundancia de *Ae. aegypti*, pues se han observado disminuciones significativas en la abundancia y la distribución de *Ae. aegypti* con la invasión y expansión geográfica del mosquito tigre asiático *Ae. albopictus*, particularmente en regiones del sureste de los Estados Unidos (Jansen y Beebe, 2010).

Cambio climático y su implicación en la transmisión del dengue

El cambio climático es uno de los principales

problemas que la humanidad se enfrentará en las próximas décadas, debido a que se han identificado conexiones entre el clima y las enfermedades con diversos modos de transmisión (vectores, agua, alimentos, suelo y aire), siendo las asociaciones más fuertes aquellas entre el clima y las enfermedades transmitidas por mosquitos. El dengue podría alcanzar los 400 millones de casos anuales, ya que el clima afecta directa e indirectamente tanto al virus del dengue como a las poblaciones de vectores (Bhatt et al., 2013). La temperatura influye en las tasas de desarrollo, mortalidad y comportamiento de vectores y controla la replicación viral dentro del mosquito (Christophers, 1960). La incidencia de dengue se ha asociado con índices de vegetación, cobertura arbórea, calidad de las viviendas y entorno circundante, por lo que el cambio climático puede alterar como los humanos interactúan con la tierra, cambiando su uso e impactando la magnitud de la composición de las especies en las poblaciones de mosquitos (Van Benthem et al., 2005; Troyo et al., 2009).

Sitios de reproducción de Ae. aegypti y urbanización

Ae. aegypti es una especie altamente antropogenizada, por lo que es habitual encontrarla en estos entornos, lo que es

un problema teniendo en cuenta la creciente expansión de las ciudades y el aumento de la población, pudiendo originar que esta especie conquiste nuevos hábitats y se incremente el riesgo de la transmisión de enfermedades arbovirales (Sánchez-Amézquita y Posada-Buitrago, 2022).

Por otro lado, la temporalidad también es un factor importante, ya que algunos estudios sugieren la vigilancia de los estadios inmaduros mediante la productividad pupal, ya que es el mejor indicador en la emergencia de adultos (Focks y Chadee, 1997; Knox et al., 2010; García-Rejón et al., 2011). Se ha observado que, durante la temporada seca, *Ae. aegypti* suele utilizar como criaderos los recipientes donde la gente almacena agua en sus viviendas, además de los contenedores donde beben agua los animales (Marquetti et al., 2005). En esta línea, se destaca que las alcantarillas contribuyen a la abundancia de pupas y a la emergencia de adultos (Manrique-Saide et al., 2013). La vigilancia de criaderos de *Ae. aegypti* se ha enfocado principalmente en viviendas, sin embargo, se ha dirigido la atención a la zona urbanizada, y entre los lugares monitoreados se encuentran aeropuertos, áreas comerciales, aéreas industriales, escuelas y cementerios, estos últimos han sido catalogados como sitios adecuados para el mantenimiento y reproducción de los mosquitos (Wilke et al., 2021). Estos lugares son entornos complejos, los cuales varían en forma, tamaño y configuración, sin embargo, la mayoría compar-

parten características similares como áreas con vegetación que ofrecen fuentes de azúcar y lugares de descanso para mosquitos vectores, como lo son floreros y plantas ornamentales, por lo que se deben considerar características locales como la presencia de floreros y otros posibles hábitats acuáticos con el fin de desarrollar estrategias efectivas para el manejo y control de las enfermedades arbovirales (Vezzani y Schweigmann, 2002; Abe et al., 2005; Morrison et al., 2006; Leisnham y Juliano, 2009; Dos Reis et al., 2010; Wilke et al., 2020).

Antecedentes

Estudios acerca del impacto del cambio del uso del suelo sobre los culícidos

Se han realizado diversos estudios sobre como impactará el cambio climático a la epidemiología del dengue. Se sugiere que los cambios en el clima alterarán las dinámicas espaciales y temporales de la ecología del virus del dengue, lo que potencialmente aumentará los rangos de vectores, prolongará la duración de su actividad y aumentará el periodo infeccioso del mosquito al acortar el periodo de incubación extrínseca (Morin et al., 2013).

Algunos autores han determinado que el cambio climático aumentará la extensión latitudinal y altitudinal del dengue y prolongará la temporada de transmisión viral (Jetten y Focks, 1997).

Por otro lado, los cambios en el uso del suelo pueden promover la aparición de enfermedades infecciosas debido a las alteraciones del hábitat, nuevos patrones de distribución de especies y mayores tasas de contacto entre humanos, vectores y hospedadores reservorios (Morin et al., 2013).

Ewers y Didham (2007) mencionan que el interior de las selvas tropicales alberga menos especies de mosquitos y una composición comunitaria diferente en comparación con los bordes de la selva, lo cual podría explicarse debido a los cambios en las condiciones fisicoquímicas, microclimas y la diversidad de sitios de reproducción de las comunidades de mosquitos (da Silva Pessoa Vieira et al., 2022).

Por otro lado, en un estudio realizado en China, con el fin de medir el impacto de la urbanización sobre poblaciones de mosquitos en zonas urbanizadas y no urbanizadas, los autores encontraron que la urbanización llevó a una disminución en las poblaciones anuales de la especie *Culex quinquefasciatus* en las zonas donde se urbanizó y un aumento en zonas que en 2010 aun seguían sin urbanizar, por lo que los autores sugirieron que el calentamiento provocado por la urbanización puede suprimir la población de mosquitos durante el verano, aunque esto podría ser contrarrestado por el aumento en los hábitats disponibles para la reproducción, además, se proyectó que el cambio climático reduciría la población anual de *Cx. quinquefasciatus*, aunque esta disminución solo se vería refleja-

da en los meses pico, ya que aumentaría durante los meses no pico debido a los incrementos de temperatura bajo los escenarios climáticos futuros, lo cual es favorable para la supervivencia, crecimiento y reproducción de mosquitos (Wang et al., 2020).

En esta misma línea, en Estados Unidos se realizó un estudio acerca de cómo la urbanización afecta a la proliferación de algunas especies de mosquitos como *Ae. aegypti* y *Cx. quinquefasciatus*. En un estudio realizado en Miami se encontró que cuanto más urbanizada se encuentra un área, menor diversidad de especies se dispone, siendo *Ae. aegypti* y *Cx. quinquefasciatus* las especies más dominantes, además, se menciona que la transformación del uso del suelo y la cobertura de áreas naturales en áreas urbanas en el sur de Florida puede afectar la abundancia relativa de mosquitos, la riqueza de especies y la composición comunitaria, favoreciendo especies de mosquitos vectores que están adaptadas para sobrevivir en entornos urbanizados. Los autores resaltan que las poblaciones humanas tendrán un mayor riesgo entomológico con las especies de mosquitos vectores, especialmente con *Ae. aegypti* y *Cx. quinquefasciatus*, incrementando el riesgo de transmisión de enfermedades, por lo que consideran que la urbanización tiene un impacto sig-

nificativo en la epidemiología de la transmisión de enfermedades transmitida por vectores (Wilke et al., 2021).

Estudios sobre el efecto del cambio climático en la distribución y abundancia de los mosquitos

En México se han realizado estudios sobre *Ae. aegypti* y su posible expansión hacia las zonas del centro del país con altitudes superiores a los 2,000 msnm. Un incremento de la temperatura de 0.2°C por década puede ocasionar que esta especie sobreviva a altitudes cercanas a 300 metros sobre los 2,100 msnm que se conoce actualmente. Los autores señalaron que la abundancia de *Ae. aegypti* a través del gradiente de elevación y temperatura estaba correlacionado con los factores climáticos. Asimismo, se menciona que las ciudades con gran altitud, como la Ciudad de México y Puebla, presentan un clima que no es idóneo para el establecimiento y proliferación de *Ae. aegypti*, sin embargo, estas ciudades están conectadas con rutas de transporte con ciudades con menor altitud, donde las temperaturas son más idóneas para el mosquito, lo que puede ser un medio para el establecimiento del vector (Lozano-Fuentes et al., 2012).

En un estudio realizado en Xalapa, México, los autores determinaron que la riqueza de especies era mayor en zonas preservadas y que en estas elevaciones, las condiciones climáticas actuales son favorables para estas especies de mosquitos debido a la humedad y

la temperatura. Por otro lado, se observó que la expansión del vector del dengue es favorecida por la pérdida de la vegetación, la cual es ocasionada por el incremento de la temperatura. La conversión de las áreas naturales representa una pérdida de los sitios de alimentación naturales de algunas especies ocasiona que otras especies se establezcan y promueve a la presencia de especies invasora. La conservación de la vegetación por su parte representa un factor importante en el control de vectores en las ciudades, ya que, aunque la vegetación no juegue un rol importante en reducir la abundancia de estos vectores, si puede prevenir que se establezcan de manera adecuada (Equihua et al., 2017).

En esta línea, el cambio climático puede contribuir al aumento en la incidencia del dengue, pues según diversos autores, para el año 2100 la temperatura aumentará a tal punto que se encontrará la presencia de *Ae. aegypti* en zonas superiores a los 2,500 msnm, esto significa que las zonas como Xalapa y algunas ciudades que se encuentran en el borde donde los vectores se establecen, puedan ser habitables para estos y de esta manera aumentar el riesgo hacia la población de contraer enfermedades como el dengue, por lo que es importante establecer planes de conservación en estas zonas para que la urbanización descontrolada no ocasione

que se expandan estos vectores. Ante el latente aumento de los casos de dengue en México, es importante conocer a que se debe sobre todo teniendo en cuenta que hay programas donde se lucha por mantener el control del vector, además de conocer la dinámica poblacional de mosquitos en sitios de reproducción como lo son cementerios, para implementar estas estrategias de control vectorial en los periodos donde los casos de dengue aumentan (Equihua et al., 2017).

Estudios realizados sobre detección del virus del dengue (DENV) en áreas urbanizadas

Ante la importancia de monitorear los sitios urbanos, se han elaborado estudios con el objetivo de detectar la presencia de flavivirus en mosquitos del género *Aedes*, además, buscaban estimar la tasa de infección natural en estos ejemplares. En Colombia, durante un estudio se monitorearon áreas urbanas del departamento de Sucre donde los autores obtuvieron un total de 762 mosquitos hembra de *Ae. aegypti* los cuales mediante qRT-PCR se detectó molecularmente el virus del dengue, procesando un total de 100 pools de mosquitos. De estos pools, un total de 15 fueron positivas a ARN viral de DENV con una tasa de infección mínima (MIR) general de 1,968% (19,68 mosquitos infectados por cada 1000 capturados), mientras que los serotipos detectados fueron DENV-1 y DENV-2 (Hernández-Pérez, 2022).

En esta línea, Peña-García et al., 2016 obtu-

tuvieron un total de 2,107 ejemplares de *Ae. aegypti* de los cuales 1,210 eran hembras, por lo que a partir de estas muestras homogenizaron 373 pools, teniendo como resultado 45 pools positivos a DENV, dando como resultado que el 12.06% de los pools eran positivos para DENV, además de una MIR de 3.85%. Por su parte, Ramírez-González, 2020 captu-raron un total de 169 hembras del género *Aedes* teniendo una tasa general de infección por arbovirus de 36,1% siendo DENV-1 el arbovirus con mayor frecuencia encontrándose en el 82% de los ejemplares infectados, mientras que el 9,8% se encontraron positivos a CHIKV.

En un estudio realizado en Venezuela, los autores obtuvieron un total de 163 ejemplares de *Ae. aegypti* para el municipio MBI y 105 para el municipio FLA, ubicados en la provincia de Aragua. Para el municipio FLA se detectó la presencia de 2 pools positivos al serotipo DENV-3 y 3 pools positivos a CHIKV, mientras que en el municipio MBI solo se observó 1 pool positivo a CHIKV. La tasa mínima de infección para DENV para el municipio FLA fue de 1.90%, mientras que para CHIKV, en el municipio MBI la MIR fue de 0.61% y para el municipio FLA fue de 2.86% (Pernalet et al., 2020).

Asimismo, Manjarres-Estremor y Mercado-Martínez, 2015 en un estudio realizado en Colombia, obtuvieron un total

de 1883 individuos de *Ae. aegypti*, de los cuales 1432 fueron clasificadas como hembras y 319 como machos, además, el mes con mayor captura de mosquitos fue el mes de julio. La MIR general fue de 24,2 hembras infectadas por cada 1,000 hembras capturadas; se observó una circulación simultánea y frecuente de DENV-2 y DENV-3, con picos de aparición en mayo y julio para DENV-2, siendo junio el mes con mayor detección de DENV-2. En lo que respecta a la Tasa de Infección Mínima, en un estudio realizado en México se obtuvieron un total de 220 pools de *Ae. aegypti*, de los cuales, 5 fueron positivos para DENV, dando una MIR de 0.4%. Por su parte, se encontraron los serotipos DENV-1, 2 y 4 (Méndez-Galván, 2014).

Modelado de Nicho Ecológico como predictor de áreas idóneas de mosquitos

Con la finalidad de predecir áreas idóneas de distribución de mosquitos, se han realizado estudios en los que utilizan la herramienta de Modelado de Nicho Ecológico, la cual permite proyectar estas zonas potenciales de distribución con base a datos de presencia de la especie y una serie de variables ambientales. En Estados Unidos, se realizó un estudio para predecir la distribución de los vectores del virus del Nilo Occidental, donde se seleccionaron los registros de presencia de las especies *Culex tarsalis*, *Cx. pipiens* y *Aedes vexans*. Por su parte, se seleccionaron una serie de variables ambientales entre las que destacan la pendiente, temperatura, topo-

grafía, distancia hacia los ríos, cobertura vegetal y distancia hacia zonas urbanas. El modelo fue elaborado en Maxent y GARP y los autores obtuvieron que en el modelo de MaxEnt la idoneidad de hábitat de *Cx. tarsalis* se asociaba a la distancia de los ríos, por su parte, para *Cx. pipiens* se encontró una predicción de hábitat hacia las zonas urbanas. De la misma forma, para *Ae. vexans* la capa de distancia hacia ríos fue la más importante al predecir su distribución. Posteriormente los autores promediaron la distribución de las especies para definir áreas que contengan vectores zoonóticos y se destacaron los sistemas fluviales como puntos probables de distribución del virus de Nilo Occidental (Larson et al., 2009).

De igual forma, otros autores también realizaron predicciones de vectores del virus del Nilo Occidental, en las cuales estos encontraron que la abundancia de *Cx. nigripalpus* se correlacionaba con variables de temperatura como la isothermalidad, estacionalidad de las temperaturas y la temperatura del trimestre más frío, mientras que las variables de precipitación que se correlacionaron con la distribución de esta especie fueron la precipitación media anual y la precipitación de los trimestres más húmedos y secos, además, la urbanización se relacionó con la densidad de *Cx. nigripalpus*. Por su parte, para *Cx. quinquefasciatus* la densidad se relacionó

significativamente con el rango de temperatura diurna y la vegetación. Los autores concluyeron que la distribución de estos vectores está influenciada por el clima circundante y variables ecológicas, lo que proporciona información sobre de la circulación del virus entre el vector puente y el vector principal de mosquitos (Sallam et al., 2016).

Por su parte, Yáñez-Arenas et al., 2018 determinaron las zonas de idoneidad de hábitat para *Ae. albopictus* en México mediante el software Maxent. Los autores observaron que el aumento de los registros de *Ae. albopictus* a lo largo del tiempo permite una mejor caracterización de su nicho, además, determinaron que la superficie de idoneidad de hábitat aumentó del 15% del territorio mexicano en 2005, a más del 38% en 2010 y casi el 58% en 2016. Se observó que la distribución potencial abarcaba casi todo el territorio mexicano a excepción de algunas regiones de la península de Baja California y partes del noroeste. Los predictores con mayor contribución a la caracterización del nicho ocupado por esta especie fueron el NDVI y la temperatura media anual. El NDVI se asocia positivamente con la idoneidad ambiental del mosquito en México, mientras que la temperatura media anual tiene un valor óptimo máximo de 25°C y la idoneidad ambiental disminuye gradualmente con valores más cálidos o fríos. Los autores concluyen que el potencial invasivo de *Ae. albopictus* es muy alto, relacionándose principalmente con la amplia tolerancia ambiental, la plasticidad eco-

lógica y la competitividad.

Richman y colaboradores (2018) realizaron un estudio en el que proyectaron la distribución de mosquitos vectores de CHIKV utilizando como capas ambientales la cobertura vegetal, variables bioclimáticas, así como la topografía del sitio de estudio, obteniendo un total de 14 modelos producidos por Maxent, donde encontraron que las variables más fuertemente asociadas a la distribución de los mosquitos fueron la distancia a grandes parches de bosque, la precipitación y el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI). Site modelos mostraron una correlación positiva con la abundancia de mosquitos y uno estuvo consistentemente correlacionado de manera positiva con los grupos de mosquitos positivos a CHIKV. Los autores concluyeron que la fragmentación y configuración del paisaje tuvieron una influencia positiva en la distribución de los mosquitos, además, *Ae. taylori* mostró una correlación más fuerte con la abundancia de CHIKV.

En otros estudios realizados en México, se han dilucidado zonas de riesgo espacial de dengue basado en la distribución de *Ae. aegypti* en los estados del centro del país. En este estudio, se tomaron en cuenta variables ambientales como la precipitación y temperatura, además de un modelo digital de elevación. Los autores obtuvieron que las

variables determinantes para la distribución de *Ae. aegypti* en el modelo generado fueron la temperatura mínima del mes más frío, la precipitación del mes más húmedo y la estacionalidad de las precipitaciones. Por su parte, el estado con mayor idoneidad de hábitat fue el estado de Morelos, representando el 12.3% del área de estudio (Ordoñez-Sierra et al., 2020).

En el estado de Yucatán, se han realizado estudios para predecir las zonas de distribución de mosquitos vectores. Baak-Baak et al., 2017 recogieron registros de presencia de cinco especies de mosquitos: *Ae. aegypti*, *Cx. quinquefasciatus*, *Cx. thriambus*, *Ae. conzumelensis* y *Cx. coronator* y mediante una serie de capas ambientales (temperatura y precipitación) realizaron un modelado de nicho en Maxent. Los autores obtuvieron que las especies *Cx. coronator*, *Cx. quinquefasciatus* y *Cx. thriambus* se distribuyeron principalmente al noroeste del estado de Yucatán, mientras que *Ae. aegypti* mostró una distribución en la mayor parte del estado de Yucatán. Por su parte, la abundancia de *Ae. aegypti* se correlacionó con la temperatura media anual y la precipitación anual, encontrándose que la presencia de *Ae. aegypti* es directamente proporcional a una precipitación anual superior a 1,000 mm, así como una temperatura media anual superior a los 20°C.

Conclusiones

El impacto del cambio en el uso del suelo y el cambio climático ha alterado profundamente

los ecosistemas globales, influyendo en la distribución de mosquitos vectores de enfermedades como el dengue, la fiebre amarilla y el Zika. Comprender estos efectos es clave para la salud pública, ya que permite prever escenarios de transmisión y optimizar estrategias de control. Estas alteraciones ambientales favorecen la expansión de enfermedades transmitidas por mosquitos a regiones donde antes no eran endémicas. Por otro lado, la propagación de *Aedes aegypti*, impulsada por el aumento de temperatura, ha incrementado la incidencia de dengue en áreas urbanas, lo que dificulta los esfuerzos de prevención, acentuando una vigilancia epidemiológica más intensa. El análisis del papel del cambio climático y del uso del suelo en la distribución de mosquitos es esencial para el desarrollo de políticas preventivas eficaces, por lo que fortalecer el monitoreo de poblaciones vectoriales, eliminar criaderos en zonas urbanizadas y aplicar estrategias de control integradas contribuirá significativamente a reducir la transmisión de enfermedades arbovirales.

Referencias

1. Abe M, PJ McCall, A Lenhart, E Villegas, A Kroeger. 2005. The Buen Pastor cemetery in Trujillo, Venezuela: measuring dengue vector output from a public area. *Tropical Medicine y International Health*. 10: 597-603.
2. Alles TS, da Encarnação Sá-Guimarães T, de Alvarenga ESL, Guimarães-Ribeiro V, de Meneses MDF, de Castro-Salles PF, dos Santos CR, do Amaral Melo AC, Soares MR, Ferreira DF, Moreira MF. History, epidemiology and diagnostics of dengue in the American and Brazilian contexts: a review. *Parasites & Vectors*. 2018 04 24;11(1). <https://doi.org/10.1186/s13071-018-2830-8>
3. Arredondo-García, J. L., Aguilar-López Escalera, C. G., Aguilar Lugo-Gerez, J. J., Osnaya-Romero, N., Pérez-Guillé, G., y Medina-Cortina, H. (2020). Panorama epidemiológico de dengue en México 2000-2019. *Revista Latinoamericana de Infectología Pediátrica*, 33(2), 78–83. <https://doi.org/10.35366/94418>
4. Baak-Baak, C. M., Moo-Llanes, D. A., Cigarroa-Toledo, N., Puerto, F. I., Machain-Williams, C., Reyes-Solis, G., Nakazawa, Y. J., Ulloa-Garcia, A., y Garcia-Rejon, J. E. (2017). Ecological niche model for predicting distribution of disease-vector mosquitoes in Yucatán State, México. *Journal of Medical Entomology*, 54(4), 854–861. <https://doi.org/10.1093/jme/tjw243>
5. Baldi Mata, G., Hernández Redondo, S., y Gómez López, R. (2019). Actualización de la fiebre del Dengue. *Revista Medica Sinergia*, 5(1), e341. <https://doi.org/10.31434/rms.v5i1.341>
6. Bhatt S, Gething PW, Brady OJ, Messina JP, Farlow AW, Moyes CL, et al. 2013. The global distribution and burden of dengue. *Nature* 496(7446):504–507; doi:10.1038/nature12060.
7. Byrne K, Nichols RA (1999) *Culex pipiens* in London Underground tunnels: differentiation between surface and subterranean population. *Heredity*, 82:7–15
8. Calisher, C. H., y Monath, T. P. (1988). Togaviridae and Flaviviridae: The Alphaviruses and Flaviviruses.
9. Carmago LMA, Ferreira MU, Krieger H, de Carmago EP, da Sila LP (1994) Unstable hypoendemic malaria in Rondonia (Western Amazon Region, Brazil): epidemic outbreaks and work associated incidence in an agro-industrial rural settlement. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 51:16–25
10. Christophers, R. (1960). *Aedes aegypti* (L.), the yellow fever mosquito. Its life history, bionomics, and structure.
11. da Silva Pessoa Vieira, C. J., Steiner São Bernardo, C., Ferreira da Silva, D. J., Rigotti Kubiszeski, J., Serpa Barreto, E., de Oliveira Monteiro, H. A., Canale, G. R., Peres, C. A., Massey, A. L., Levi, T., y Vieira de Moraes Bronzoni, R. (2022). Land-use effects on mosquito biodiversity and potential arbovirus emergence in the Southern Amazon, Brazil. *Transboundary and Emerging Diseases*, 69(4), 1770–1781. <https://doi.org/10.1111/tbed.14154>
12. Dehesa-López, E., y Gutiérrez-Alatorre, A. F. A. (2019). Dengue: actualidades y características epidemiológicas en México.
13. Dian Z, Changxing S (2001) Sedimentary causes and management of two principal environmental problems in the lower Yellow River. *Environmental Management*, 28:749–760
14. Dos Reis IC, NA Honório, CT Codeco, A Magalhaes Mde, R Lourenco-de-Oliveira, C Barcellos. 2010. Relevance of differentiating between residential and non-residential premises for surveillance and control of *Aedes aegypti* in Rio de Janeiro, Brazil. *Acta Tropica*. 114: 37-43
15. Equihua, M., Ibáñez-Bernal, S., Benítez, G., Estrada-Contreras, I., Sandoval-Ruiz, C. A., y Mendoza-Palmero, F. S. (2017). Establishment of

- Aedes aegypti* (L.) in mountainous regions in Mexico: Increasing number of population at risk of mosquito-borne disease and future climate conditions. *Acta Tropica*, 166, 316–327.
<https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2016.11.014>
16. Ewers, R. M., & Didham, R. K. (2007). The effect of fragment shape and species' sensitivity to habitat edges on animal population size. *Conservation biology*, 21(4), 926-936.
 17. Focks DA, DD Chadee. 1997. Pupal survey: an epidemiologically significant surveillance method for *Aedes aegypti*: an example using data from Trinidad. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*. 56: 159-167.
 18. Foster, W. A., y Walker, E. D. (2019). Mosquitoes (Culicidae). In *Medical and Veterinary Entomology* (pp. 261–325). Elsevier.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814043-7.00015-7>
 19. García-Rejón JE, MA Loroño-Pino, JA Farfán-Ale, LF Flores-Flores, MP López-Urbe, R. Nájera-Vázquez, G Nuñez-Ayala, BJ Beaty, L Eisen. 2011b. Mosquito infestation and dengue virus infection in *Aedes aegypti* females in schools in Merida, Mexico. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*. 84:489-496.
 20. García-Yáñez, Y., Pérez-Mendoza, M., Pérez-Ramírez, M., Castillo-Sánchez, J., y García-González, R. (2018). Enfermedades emergentes y reemergentes de origen viral transmitidas por el género *Aedes*. www.medigraphic.com/patologiaclinica
 21. González, C. R., Reyes, C., Jercic, M. I., Rada, V., Saldarriaga, M., Pavletic, C., y Parra, A. (2016). MANUAL DE CULÍCIDOS (DIPTERA: CULICIDAE) DELA ZONA NORTE Y CENTRO DE CHILE, INCLUYENDO ISLA DE PASCUA.
 22. Gutiérrez Albenda, David Alberto. (2018). Situación actual del dengue como enfermedad reemergente en Costa Rica. *Revista Costarricense de Salud Pública*, 7(1), 35-41. Retrieved December 02, 2025, from http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-14292018000100035&lng=en&tlng=es.
 23. Harbach, R. (2007). The Culicidae (Diptera): A Review Of Taxonomy, Classification And Phylogeny. <https://doi.org/10.5281/zenodo.180118>
 - Hernández-Pérez, M. J. (2022). Detección y tipificación del virus del dengue en poblaciones de *Aedes aegypti* colectados durante el brote epidémico de 2019 en Sincelejo, Colombia.
 24. Jansen, C. C., y Beebe, N. W. (2010). The dengue vector *Aedes aegypti*: what comes next. In *Microbes and Infection* (Vol. 12, Issue 4, pp. 272–279). <https://doi.org/10.1016/j.micinf.2009.12.011>
 25. Jetten, T. H., & Focks, D. A. (1997). Potential changes in the distribution of dengue transmission under climate warming. *The American journal of tropical medicine and hygiene*, 57(3), 285-297.
 26. Kay BH, Sutton KA, Russell BM (2000) A sticky entry-exit trap for sampling mosquitoes in subterranean habitats. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 16:262–265
 27. Knox TB, YT Nguyen, NS Vu, BH Kay, PA Ryan. 2010. Quantitative relationships between immature and emergent adult *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) populations in water storage container habitats. *Journal of Medical Entomology*. 47: 748-758.
 28. Larson, S. R., Degroote, J. P., Bartholomay, L. C., y Sugumaran, R. (2009). Ecological niche modeling of potential West Nile virus vector mosquito species in Iowa. In *Journal of Insect Science*. www.insectscience.org (Vol. 10). www.insectscience.org
 29. Leisnham PT, SA Juliano. 2009. Spatial and temporal patterns of coexistence between competing *Aedes* mosquitoes in urban Florida. *Oecologia*. 160: 343-352.

30. Lindblade KA, Walker ED, Onapa AW, Katungu J, Wilson ML (2000) Land use change alters malaria transmission parameters by modifying temperature in a highland area of Uganda. *Tropical Medicine y International Health*. 5:263–274
31. Lozano-Fuentes, S., Hayden, M. H., Welsh-Rodriguez, C., Ochoa-Martinez, C., Tapia-Santos, B., Kobylinski, K. C., Uejio, C. K., Zielinski-Gutierrez, E., Delle Monache, L., Monaghan, A. J., Steinhoff, D. F., y Eisen, L. (2012). The dengue virus mosquito vector *Aedes aegypti* at high elevation in México. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 87(5), 902–909. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.2012.12-0244>
32. Maciá, A., y Micieli, M. V. (2023). Entomología médica y veterinaria: biología y sistemática de artrópodos de interés médico y veterinario en Argentina.
33. Manjarres-Estremor, M. M., y Mercado-Martinez, J. G. (2015). Dinámica poblacional y búsqueda de infección natural con virus Dengue en poblaciones de *Aedes aegypti* en el municipio de Sincelejo: dos herramientas para la estimación del riesgo epidemiológico.
34. Manrique-Saide P, C Arisqueta-Chable, E Geded-Moreno, J Herrera-Bojorquez, UC Valentin, J Chable-Santos, A Che-Mendoza, EC Sánchez, JI Arredondo-Jiménez, A Medina-Barreiro. 2013. An assessment of the importance of subsurface catch basins for *Aedes aegypti* adult production during the dry season in a neighborhood of Merida, Mexico. *Journal of the American Mosquito Control Association*. 29: 164-167.
35. Marquetti M., Suárez S., Bisset J., Leyva M., (2005) Reporte de hábitats utilizados por *Aedes aegypti* en Ciudad de la Habana, Cuba. Instituto de medicina tropical "Pedro kouri". Departamento control de vectores, Rev. Cubana. Med. Trop. v.57 n.2.
36. Méndez-Galván, J. F. (2014). Detección de *Aedes aegypti* infectado con el virus Dengue como un método complementario para aumentar la sensibilidad de la vigilancia: identificación de los serotipos 1, 2 y 4 por RT-PCR en Quintana Roo, México.
37. Mendonca HF, AL Ferreira, CB Santos, HR Rezende, GE Ferreira, GR Leite, A Falqueto. 2011. Breeding sites of *Aedes aegypti* in metropolitan vacant lots in Greater Vitoria, State of Espirito Santo, Brazil. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*. 44: 243-246.
38. Mendoza, Maria Guadalupe & Contreras servin, Carlos & Hernández, Claudia. (2016). COLECCIÓN SALUD HUMANA Vigilancia sindrómica y alerta epidemiológica GEOMEDICINA Y LA TECNOLOGÍA ESPACIAL APLICADA AL CASO DE LOS VECTORES EN SALUD HUMANA.
39. Monath, T. P. (1994). Dengue: The risk to developed and developing countries. In *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* (Vol. 91).
40. Morin, C. W., Comrie, A. C., y Ernst, K. (2013). Climate and dengue transmission: Evidence and implications. In *Environmental Health Perspectives* (Vol. 121, Issues 11–12, pp. 1264–1272). <https://doi.org/10.1289/ehp.1306556>
41. Morrison AC, M Sihuinchu, JD Stancil, E Zamora, H Astete, JG Olson, C Vidal-Ore, TW Scott. 2006. *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) production from non- residential sites in the Amazonian city of Iquitos, Peru. *Annals of Tropical Medicine and Parasitology*. 100 Suppl 1: S73-S86.
42. Mouchet J, Carnevale P (1997). Impact of changes in the environment on vector-transmitted diseases. *Sante* 7:263–269 in French.
43. Najmul Haider, Mohammad Nayeem Hasan, Joshua Onyango, Masum Billah, Sakirul Khan, Danai Papakonstantinou, Priyamvada Paudyal, Md Asaduzzaman, Global dengue epidemic worsens with record 14 million cases and 9000 deaths reported in 2024, *International Journal of Infectious Diseases*, Volume 158, 2025, 107940, ISSN 1201-9712, <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2025.107940>.

44. Norris, D. E. (2004). Mosquito-borne Diseases as a Consequence of Land Use Change. *EcoHealth*, 1(1), 19–24. <https://doi.org/10.1007/s10393-004-0008-7>
45. O.M.S (2019). Organización Mundial de la Salud. Disponible en: <https://www.who.int/denguecontrol/controlstrategies/es/>
46. OPS, OMS. Dengue. Guías para el diagnóstico, tratamiento, prevención y control. Nueva Edición, 2009. OMS y TDR. La Paz, Bolivia: OPS/OMS; 2010. ISBN: 978-999 54-792-1-3
47. Ordoñez-Sierra, R., Mastachi-Loza, C. A., Díaz-Delgado, C., Cuervo-Robayo, A. P., Ortiz, C. R. F., Gómez-Albores, M. A., y Torres, I. M. (2020). Spatial Risk Distribution of Dengue Based on the Ecological Niche Model of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) in the Central Mexican Highlands. *Journal of Medical Entomology*, 57(3), 728–737. <https://doi.org/10.1093/jme/tjz244>
48. Padilla-Monroy, S., y Amezcua-Jiménez, A. (2024). Panorama epidemiológico de dengue 2024. gob.mx. <https://www.gob.mx/salud/documentos/panorama-epidemiologico-de-dengue-2024>
49. Peña-García, V. H., Triana-Chávez, O., Mejía-Jaramillo, A. M., Díaz, F. J., Gómez-Palacio, A., y Arboleda-Sánchez, S. (2016). Infection rates by dengue virus in mosquitoes and the influence of temperature may be related to different endemicity patterns in three Colombian cities. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 13(7). <https://doi.org/10.3390/ijerph13070734>
50. Pernalet, M. E., Flores, K., Pulido, N., Camacho, D., Pérez-Ybarra, L., y Herrera, F. (2020). Co-circulación viral de Dengue y Chikungunya en mosquitos *Aedes aegypti* infectados naturalmente en Venezuela: Vol. LX (Issue 1).
51. Ramasamy R, De Alwis R, Wijesundere A, Ramasamy MS (1992) Malaria transmission at a new irrigation project in Sri Lanka: the emergence of *Anopheles annularis* as a major vector. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 47:547553
52. Ramírez-González, J. D. (2020). Identificación de especies del género *Aedes* (Diptera; Culicidae) y detección de infección por Arbovirus (CHIKV, DENV, MAYV, ZIKV) circulantes en tres municipios de Arauca, Colombia.
53. Richman, R., Diallo, D., Diallo, M., Sall, A. A., Faye, O., Diagne, C. T., Dia, I., Weaver, S. C., Hanley, K. A., y Buenemann, M. (2018). Ecological niche modeling of *Aedes* mosquito vectors of chikungunya virus in southeastern Senegal. *Parasites and Vectors*, 11(1). <https://doi.org/10.1186/s13071-018-2832-6>
54. Rueda, L. M. (2008). Global diversity of mosquitoes (Insecta: Diptera: Culicidae) in freshwater. In *Hydrobiologia* (Vol. 595, Issue 1, pp. 477–487). <https://doi.org/10.1007/s10750-007-9037-x>
55. Russell BM, McBride WJH, Mullner H, Kay BH (2002) Epidemiological significance of subterranean *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) breeding sites to dengue virus infection in Charters Towers, 1993. *Journal of Medical Entomology*, 39:143–145
56. Sallam, M. F., Xue, R. De, Pereira, R. M., y Koehler, P. G. (2016). Ecological niche modeling of mosquito vectors of West Nile virus in St. John's County, Florida, USA. *Parasites and Vectors*, 9(1). <https://doi.org/10.1186/s13071-016-1646-7>
57. Sánchez-Amézquita, A. C., y Posada-Buitrago, M. L. (2022). Impacto del cambio climático en los vectores *Aedes aegypti* y *Aedes albopictus* y su importancia en su distribución geográfica en Colombia.
58. Simmonds, P., Becher, P., Bukh, J., Gould, E. A., Meyers, G., Monath, T., Muerhoff, S., Pletnev, A., Rico-Hesse, R., Smith, D. B., y Stapleton, J. T.

- (2017). ICTV virus taxonomy profile: Flaviviridae. *Journal of General Virology*, 98(1), 2–3. <https://doi.org/10.1099/jgv.0.000672>
59. Torres GI, Cortés PD, Becker I, Dengue en México: análisis de dos décadas. *Gac Med Mex*, 2014; 150 (2):1-6
60. Troyo A, Fuller DO, Calderon-Arguedas O, Solano ME, Beier JC. 2009. Urban structure and dengue fever in Puntarenas, Costa Rica. *Singap J Trop Geogr*, 30:265–282.
61. Troyo A, O Calderon-Arguedas, DO Fuller, ME Solano, A. Avendano, KL. Arheart, DD Chadee, JC Beier. 2008. Seasonal profiles of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) larval habitats in an urban area of Costa Rica with a history of mosquito control. *Journal of Vector Ecology*. 33: 76-88.
62. Van Benthem BHB, Vanwambeke SO, Khantikul N, Burghoorn Maas C, Panart K, Oskam L, et al. 2005. Spatial patterns of and risk factors for seropositivity for dengue infection. *Am J Trop Med Hyg*, 72:201–208.
63. Vasconcelos PFC, Travassos da Rosa APA, Rodrigues SG, Travassos da Rosa ES, De'gallier N, Travassos da Rosa JFS (2001) Inadequate management of natural ecosystem in the Brazilian Amazon region results in the emergence and reemergence of arboviruses. *Cadernos de Sau'de Público*, Rio de Janeiro 17(Suppl):155–164
64. Vaughn DW, Barrett A, Solomon T. Flavivirus (yellow fever, dengue, dengue hemorrhagic fever, Japanese encephalitis, West Nile encephalitis, St Louis encephalitis, tick-borne encephalitis. In: *Mendell Infectious Diseases and their Etiologic Agents*. 7th ed. Elsevier; 2010. pp. 2133-2156.
65. Vezzani D, N Schweigmann. 2002. Suitability of containers from different sources as breeding sites of *Aedes aegypti* (L.) in a cemetery of Buenos Aires City, Argentina. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz*. 97: 789-792.
66. Walsh JF, Molyneux DH, Birley MH (1993) Deforestation: effects on vector-borne disease. *Parasitology*, 106(Suppl):S55–S75
67. Wang, Y., Yim, S. H. L., Yang, Y., y Morin, C. W. (2020). The effect of urbanization and climate change on the mosquito population in the Pearl River Delta region of China. *International Journal of Biometeorology*, 64(3), 501–512. <https://doi.org/10.1007/s00484-019-01837-4>
68. Wilke, A. B. B., Vasquez, C., Carvajal, A., Moreno, M., Diaz, Y., Belledent, T., Gibson, L., Petrie, W. D., Fuller, D. O., & Beier, J. C. (2020). Cemeteries in Miami-Dade County, Florida are important areas to be targeted in mosquito management and control efforts. *PLoS ONE*, 15(3). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0230748>
69. Wilke, A. B. B., Vasquez, C., Carvajal, A., Moreno, M., Fuller, D. O., Cardenas, G., Petrie, W. D., y Beier, J. C. (2021). Urbanization favors the proliferation of *Aedes aegypti* and *Culex quinquefasciatus* in urban areas of Miami-Dade County, Florida. *Scientific Reports*, 11(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-02061-0>
70. Wood, D.M & Borkent, A. (1989) Phylogeny and classification of the Nematocera, pp. 1333–1370. In: McAlpine, J.F. & Wood, D.M. (Eds), *Manual of Nearctic Diptera*. Vol. 3. Research Branch Agriculture Canada Monograph No. 32, Canadian Government Publishing Centre, Hull, Quebec.
71. Yañez-Arenas, C., Rioja-Nieto, R., Martín, G. A., Dzúl-Manzanilla, F., Chiappa-Carrara, X., Buenfil-Ávila, A., Manrique-Saide, P., Correa-Morales, F., Díaz-Quinónez, J. A., Pérez-Rentería, C., Ordoñez-Álvarez, J., Vazquez-Prokopec, G., y Huerta, H. (2018). Characterizing environmental suitability of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) in Mexico based on regional and global niche models. In *Journal of Medical Entomology* (Vol. 55, Issue 1, pp. 69–77). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/jme/tjx185>