PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, NATURALES Y AMBIENTALES

CARRERA DE CIENCIAS BIOMÉDICAS

Impacto del cambio climático en la distribución de *Aedes aegypti* y la incidencia del dengue en el Ecuador: Revisión bibliográfica

Monografía previa a la obtención del título de Licenciado/a de Ciencias Biomédicas

Ileyam Betsabé Montalvo Salazar

Quito, 2026

CERTIFICACIÓN

Certifico que la monografía en Ciencias Biomédicas por la Srta. Ileyam Betsabé Montalvo Salazar ha sido elaborada y concluida de conformidad con las normas establecidas. Por lo tanto, puede ser presentada para la calificación correspondiente.

Anita Gabriela Villacis Salazar
Time Stamping Security Data

Anita Gabriela Villacís Salazar, PhD.

Tutora de Titulación

Quito, 15 de junio de 2026

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi madre, por estar siempre a mi lado, por su apoyo incondicional y por creer en mí incluso cuando yo misma dudaba. Gracias por acompañarme en cada paso de este camino y por ser mi mayor motivación para seguir adelante. A mi familia, por escucharme incluso cuando repetía una y otra vez el mismo tema y por brindarme siempre su apoyo y confianza.

A Gina, mi mejor amiga y compañera desde la adolescencia, gracias por acompañarme durante tantos años, por escucharme y aconsejarme siempre, por los desayunos que preparas con tanto cariño y que alegran mis semanas, por apoyarme incluso en temas que no pertenecen a tu área y por estar presente para celebrar cada etapa importante de mi vida. A Carolina y Valentina, mis biólogas del alma, por su apoyo constante, por motivarme cuando más lo necesitaba y por convertirse en mi lugar especial. Gracias por acompañarme en este camino, por las risas, las anécdotas y por ser parte de mis recuerdos favoritos de la universidad. A Daniela, porque, aunque no siempre pudimos compartir el día a día, nunca dejé de sentir tu apoyo y compañía a lo largo de la carrera.

A Pamela, Gabriela y Deysi, quienes comenzaron siendo mis compañeras de carrera y terminaron convirtiéndose en mis mejores amigas. Gracias por compartir conmigo los desafíos académicos, los trabajos interminables, las inconformidades, los momentos de descanso y tantas experiencias que hicieron de la universidad una etapa mucho más especial para mi corazón. A Andrés, por su paciencia, su tiempo, su amistad y por enseñarme gran parte de lo que sé sobre biología molecular durante mis prácticas de laboratorio. A Eduarda, por orientarme en el área de bioinformática y por compartir conmigo sus conocimientos y dibujos. También agradezco a las demás personas del centro de investigación que, en distintos momentos, me brindaron su apoyo, sus enseñanzas y su tiempo.

Finalmente, agradezco a mi tutora, Anita Villacís, por su orientación, paciencia y constante apoyo durante el desarrollo de este trabajo. Gracias por sus enseñanzas y por contribuir significativamente a mi formación académica y personal.

A todos ustedes, gracias por formar parte de esta etapa tan importante de mi vida. Siempre recordaré con cariño el apoyo, la compañía y los aprendizajes compartidos en este camino.

TABLA DE CONTENIDOS

1. RESUMEN 1

2. ABSTRACT 3

3. INTRODUCCIÓN 5

4. OBJETIVOS 8

4.1 OBJETIVO GENERAL 8

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 8

5. DESARROLLO TEÓRICO 9

5.1 CONTEXTO EPIDEMIOLÓGICO DEL DENGUE Y SU RELACIÓN CON EL CAMBIO CLIMÁTICO 9

5.2 CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS DEL VIRUS DEL DENGUE 14

5.3 DISTRIBUCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE *AEDES AEGYPTI* 16

5.4 INFLUENCIA DE LAS VARIACIONES CLIMÁTICAS EN LA TRANSMISIÓN DEL DENGUE 19

5.4.1 TEMPERATURA 19

5.4.2 PRECIPITACIÓN 20

5.4.3 HUMEDAD 22

5.4.4 ENSO (EL NIÑO Y LA NIÑA) 22

5.4.5 LAG TEMPORAL 22

5.4.6 CAMBIO CLIMÁTICO Y EXPANSIÓN DEL RIESGO 23

5.4.7 FACTORES SOCIALES MODULADORES DE LA TRANSMISIÓN 23

5.5 VACÍOS DE CONOCIMIENTO 24

5.6 EVIDENCIA CIENTÍFICA EN ECUADOR SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO, *AEDES AEGYPTI* Y DENGUE 26

5.6.1 INFLUENCIA DE LAS VARIABLES CLIMÁTICAS SOBRE LA TRANSMISIÓN DEL DENGUE 26

5.6.2 FACTORES SOCIOAMBIENTALES ASOCIADOS A LA ABUNDANCIA DE *AEDES AEGYPTI* 28

5.6.3 DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA Y EXPANSIÓN DEL VECTOR 29

5.6.4 VIGILANCIA Y CONTROL VECTORIAL 30

5.6.5 EVIDENCIA COMPLEMENTARIA SOBRE LA ECOLOGÍA DE *AEDES AEGYPTI* 31

5.6.6 SÍNTESIS DE LA EVIDENCIA CIENTÍFICA 32

6. CONCLUSIONES 34

7. RECOMENDACIONES 36

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 38
9. FIGURAS 44
Figura 1 44
Figura 2 45
Figura 3 46
Figura 4 47
Figura 5 48
Figura 6 49
Figura 7 50
Figura 8 51
Figura 9 52
10. TABLAS 53
Tabla 1 53

1. RESUMEN

El dengue constituye uno de los principales problemas de salud pública en Ecuador y su transmisión se encuentra estrechamente relacionada con factores ambientales que influyen sobre la biología de *Aedes aegypti,* su principal vector. En las últimas décadas, el cambio climático ha adquirido una relevancia creciente debido a su capacidad para modificar las condiciones ecológicas que favorecen la supervivencia, distribución y competencia vectorial del mosquito. El objetivo de esta monografía fue analizar, mediante una revisión bibliográfica, la evidencia científica disponible sobre el impacto del cambio climático en la distribución de *Aedes aegypti* y la incidencia del dengue en Ecuador. Para ello, se integró información relacionada con la biología del virus del dengue, la ecología del vector y la influencia de variables climáticas, como la temperatura, la precipitación y la humedad sobre la transmisión de la enfermedad, complementada con el análisis de la evidencia científica disponible para el contexto ecuatoriano. Los resultados evidenciaron que estas variables climáticas influyen directamente en el desarrollo larval, la supervivencia del vector, la disponibilidad de criaderos y la velocidad de replicación viral, favoreciendo la transmisión del dengue, especialmente durante eventos climáticos extremos asociados a El Niño. Además, se identificó que factores socioambientales como el acceso irregular a agua potable, las prácticas de almacenamiento doméstico de agua, las deficiencias en saneamiento básico y la urbanización acelerada interactúan con las variables climáticas y contribuyen a la persistencia del vector. La evidencia también muestra una tendencia hacia la expansión geográfica y altitudinal de *Aedes aegypti* hacia regiones previamente menos vulnerables, incluyendo zonas de la Sierra ecuatoriana. Finalmente, se concluye que el cambio climático está modificando gradualmente el perfil epidemiológico del dengue en Ecuador. Sin embargo, persisten

importantes vacíos de conocimiento relacionados con la limitada disponibilidad de estudios, la fragmentación geográfica de la investigación, la heterogeneidad metodológica y la insuficiente integración de información climática, entomológica y epidemiológica.

Palabras clave: *Aedes aegypti*, cambio climático, dengue, Ecuador, revisión bibliográfica.

2. ABSTRACT

Dengue is one of the major public health challenges in Ecuador, and its transmission is closely associated with environmental factors that influence the biology of *Aedes aegypti*, its primary vector. In this context, climate change has become an increasingly important concern due to its capacity to modify the ecological conditions that favor mosquito survival, distribution, and vector competence. The objective of this monograph was to analyze, through a systematic review, the available scientific evidence on the impact of climate change on the distribution of *Aedes aegypti* and the incidence of dengue in Ecuador. To achieve this, information related to dengue virus biology, vector ecology, and the influence of climatic variables such as temperature, precipitation, and humidity on disease transmission was synthesized and complemented with the analysis of scientific evidence available in the Ecuadorian context. The findings indicate that these climatic variables directly affect larval development, vector survival, breeding-site availability, and viral replication rates, thereby promoting dengue transmission, particularly during extreme climatic events associated with El Niño. Furthermore, socio-environmental factors such as irregular access to potable water, domestic water storage practices, inadequate sanitation, and rapid urbanization were identified as interacting with climatic variables and contributing to vector persistence. The evidence also suggests an ongoing geographic and altitudinal expansion of *Aedes aegypti* into previously less vulnerable regions, including areas of the Ecuadorian Highlands. Finally, it is concluded that climate change is progressively reshaping the epidemiological profile of dengue in Ecuador. However, significant knowledge gaps remain, including the limited availability of studies, the geographic fragmentation of research, methodological heterogeneity, and the insufficient integration of climatic, entomological, and epidemiological data.

Keywords: *Aedes aegypti*, climate change, dengue, Ecuador, literature review.

3. INTRODUCCIÓN

Esta monografía analiza la relación entre el cambio climático, la distribución de **Aedes aegypti** y la incidencia del dengue en Ecuador. A partir de la integración de evidencia sobre la biología del virus, la ecología del vector y la influencia de variables climáticas, se busca comprender cómo las variaciones ambientales están modificando la dinámica de transmisión de la enfermedad.

El dengue es una enfermedad infecciosa viral causada por el virus del dengue (DENV), un arbovirus de ARN de sentido positivo perteneciente a la familia *Flaviviridae* (Snyder et al., 2014). Se reconocen cuatro serotipos (DENV-1 a DENV-4), y la inmunidad adquirida tras la infección específica para cada uno, sin protección cruzada (Gubler, 2002). Desde mediados del siglo XX, el dengue se ha expandido globalmente, proceso que ha sido atribuido, entre otros factores, a la movilidad humana, la urbanización y la dispersión de su principal vector, *Aedes aegypti* (Monath, 1994).

Aedes aegypti es un mosquito adaptado a ambientes urbanos y periurbanos, con una marcada preferencia por el ser humano y una estrecha asociación con el entorno doméstico. Su limitada capacidad de vuelo, generalmente inferior a 100 metros, favorece la transmisión focal del virus (Winskill et al., 2015). Su ciclo de vida holometábolo, que puede completarse entre 7 y 10 días, depende de la disponibilidad de recipientes con agua donde las hembras depositan los huevos, lo que facilita su proliferación en contextos de almacenamiento doméstico de agua y manejo inadecuado de residuos (Centers for Disease Control and Prevention, 2024). En la actualidad, debido a procesos de urbanización, globalización y cambios en el uso del suelo, *Aedes aegypti* se encuentra ampliamente distribuido en las regiones tropicales y subtropicales (Messina et al., 2014; Powell et al., 2018).

Las condiciones ambientales, especialmente la temperatura, la precipitación y la humedad, desempeñan un papel determinante en la distribución del vector y en la dinámica de transmisión del dengue. Las temperaturas elevadas pueden reducir la longevidad del mosquito, pero incrementan la eficiencia de transmisión viral y aceleran el desarrollo del patógeno dentro del vector (Lambrechts et al., 2011). A su vez, influyen en mecanismos inmunológicos del mosquito que favorece la replicación viral (Sim et al., 2012). Por su parte, altos niveles de humedad prolongan la supervivencia del vector y aumentan el riesgo de transmisión (Focks & Barrera, 2006). El cambio climático no solo modifica la ecología del vector, sino que también incrementa la vulnerabilidad de las poblaciones humanas al afectar factores sociales y sanitarios (Garcia et al., 2024). Se proyecta que, hacia finales del siglo XXI, la temperatura global aumente entre 1,0 y 3,5 °C, lo que podría intensificar la transmisión de enfermedades vectoriales como el dengue (Githeko et al., 2000).

En la región de las Américas, el dengue ha experimentado un incremento sin precedentes, con más de 12,9 millones de casos reportados en 2024, triplicando los registrados en 2023 (Centers for Disease Control and Prevention, 2025). Este aumento se ha asociado a eventos climáticos extremos vinculados a los fenómenos de El Niño y La Niña, que influyen en la precipitación, la temperatura y la humedad (World Health Organization, 2024). En Ecuador, el dengue representa un problema persistente de salud pública. Desde el primer caso reportado en 1988, el país ha experimentado brotes recurrentes, incluyendo uno de gran magnitud en el año 2000 con circulación simultánea de los cuatro serotipos (Dick et al., 2012). Además, se ha documentado un incremento en la transmisión del vector entre los periodos 1951–1960 y 2013–2022, asociado a cambios en los patrones climáticos (Hartinger et al., 2024). Además, se ha planteado una posible expansión de *Aedes aegypti* hacia nuevas regiones del país (Escobar et al., 2016).

A pesar de este contexto, la evidencia científica disponible en Ecuador sobre la relación entre el cambio climático, la distribución de *Aedes aegypti* y la incidencia del dengue

se encuentra fragmentada en términos geográficos, metodológicos y temporales. Los estudios existentes, desarrollados principalmente en la región Costa y en las Islas Galápagos, han abordado de manera aislada aspectos específicos como la abundancia del vector, las condiciones domiciliarias o la influencia de variables climáticas particulares, lo que limita una comprensión integral del fenómeno a escala nacional.

Aunque existen estudios sobre el tema, la información disponible continúa siendo fragmentada, lo que dificulta identificar patrones consistentes y la anticipación de escenarios de riesgo, restringiendo el diseño de estrategias de vigilancia, prevención y control basadas en evidencia científica sólida y contextualizada. Por ello, la presente revisión bibliográfica tiene como objetivo integrar la evidencia disponible sobre la relación entre el cambio climático, la distribución de **Aedes aegypti** y la incidencia del dengue en Ecuador, identificar vacíos de conocimiento y aportar insumos relevantes para fortalecer la vigilancia epidemiológica, el control vectorial y la investigación científica en el país.

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Analizar mediante una revisión bibliográfica, la evidencia científica disponible sobre el impacto del cambio climático en la distribución de *Aedes aegypti* y la incidencia del dengue en el Ecuador.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

a) Identificar los estudios científicos que analizan la relación entre el cambio climático, la distribución de *Aedes aegypti* y la incidencia del dengue en el Ecuador.

b) Describir las principales variables climáticas reportadas en la literatura (temperatura, precipitación y humedad) y su influencia en la presencia del vector y la ocurrencia de casos de dengue.

c) Identificar vacíos de información sobre cambio climático, *Aedes aegypti* y dengue en el Ecuador y sus implicaciones para vigilancia, control e investigación.

5. DESARROLLO TEÓRICO

5.1 CONTEXTO EPIDEMIOLÓGICO DEL DENGUE Y SU RELACIÓN CON EL CAMBIO CLIMÁTICO

El cambio climático corresponde a modificaciones sostenidas de variables climáticas globales, incluyendo temperatura, precipitación y frecuencia de eventos extremos, atribuibles principalmente al aumento de gases de efecto invernadero derivados de actividades humanas (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2023). Actualmente, cerca de la mitad de la población mundial vive en áreas con riesgo de dengue, y la incidencia global ha aumentado notablemente en las últimas décadas (Messina et al., 2014; World Health Organization, 2024). Como consecuencia, el dengue ha pasado de considerarse una enfermedad limitada a determinadas regiones tropicales y periodos estacionales a constituir uno de los principales desafíos de salud pública a nivel mundial. Durante el año 2024, la región registró una cifra histórica superior a los 12,9 millones de casos sospechosos, lo que representó un incremento aproximado del 189% en comparación con el periodo anterior (Zúñiga, 2024). Este aumento sostenido no puede explicarse únicamente por fenómenos cíclicos como El Niño y La Niña, sino también por la intensificación del cambio climático global, el cual está modificando cada vez más las condiciones ecológicas que regulan la distribución de *Aedes aegypti* y la dinámica de transmisión del virus.

El cambio climático actúa como uno de los principales reguladores extrínsecos de la transmisión del dengue, debido a que altera variables ambientales esenciales para la supervivencia y competencia vectorial del mosquito (capacidad del mosquito para adquirir, mantener y transmitir el virus). A estas alteraciones ambientales se suma el papel de la movilidad humana, la migración, la globalización y la creciente conectividad vial y urbana que facilitan el transporte de personas infectadas entre zonas endémicas y nuevas áreas geográficas (Gubler, 2002; Monath, 1994). Asimismo, este aumento sostenido de casos se

asocia a los fenómenos de El Niño y La Niña, los cuales provocan incrementos anómalos de lluvias y temperatura que favorecen la proliferación de criaderos (Stewart-Ibarra et al., 2013; World Health Organization, 2024).

Incrementos incluso moderados en la temperatura media pueden reducir significativamente el Periodo de Incubación Extrínseco (PIE), permitiendo que el mosquito se vuelva infectante en menos tiempo e incrementando la velocidad de replicación viral en el interior del vector (Reinhold et al., 2018). De igual manera, las temperaturas elevadas aceleran el desarrollo larval y reducen el tiempo necesario para alcanzar la madurez reproductiva, incrementando la densidad poblacional del mosquito. Sin embargo, la relación entre temperatura y transmisión no es lineal, ya que temperaturas extremadamente altas, superiores a los 40 °C, pueden incrementar la mortalidad del vector y establecer límites térmicos para su supervivencia (Carrera et al., 2020; Reinhold et al., 2018).

Además de la temperatura, las alteraciones en los patrones de precipitación y humedad desempeñan un papel importante en la dinámica epidemiológica del dengue. Las lluvias intermitentes favorecen la formación de criaderos artificiales y mantienen niveles de humedad ambiental adecuados que prolongan la supervivencia de los mosquitos adultos (Sippy et al., 2019). En contraste, los eventos de precipitación extrema pueden producir inicialmente un efecto de arrastre de larvas y pupas; sin embargo, después generan acumulación de agua estancada en recipientes abandonados, lo que incrementa la proliferación del vector semanas después del evento climático (Lippi et al., 2018; Sippy et al., 2019). Bajo estas condiciones, el calentamiento global no solo incrementa la frecuencia de eventos climáticos extremos, sino que también amplía de forma continua los nichos ecológicos adecuados para *Aedes aegypti*, favoreciendo su expansión hacia regiones previamente consideradas no endémicas. La extraordinaria capacidad adaptativa del vector le ha permitido utilizar drenajes subterráneos, fosas sépticas y otros microhábitats urbanos

como refugios, mientras que la resistencia de sus huevos a la desecación asegura su supervivencia, dificultando las estrategias tradicionales de control vectorial (Zúñiga, 2024).

En el contexto ecuatoriano, tras su reemergencia en 1988 en la ciudad de Guayaquil, el dengue ha evolucionado de una transmisión esporádica hacia un patrón endemoepidémico (es decir, una situación donde la enfermedad mantiene una transmisión constante en la población, pero presenta picos o brotes de gran magnitud en ciertos periodos) complejo (Cañizares et al., 2023). Un hito epidemiológico importante ocurrió en el año 2000 con la circulación simultánea de los cuatro serotipos virales (DENV 1-4), lo que incrementó el riesgo de formas graves de la enfermedad y favoreció brotes de mayor magnitud (Stewart-Ibarra, 2012). Investigaciones recientes evidencian que, debido a los cambios en los patrones climáticos y ambientales, se ha registrado un incremento aproximado del 59,5% en la capacidad de transmisión del vector durante las últimas décadas (Carrera et al., 2020).

De acuerdo con los reportes epidemiológicos nacionales, hasta la semana epidemiológica 21 del año 2026 se registraron 15 417 casos de dengue en Ecuador, lo que representa una reducción aproximada del 36,40 % en comparación con el mismo periodo del año 2025 (Figura 1). Sin embargo, pese a esta disminución general de casos, provincias como Napo, Los Ríos, Manabí, Santa Elena y Orellana continúan presentando las mayores tasas de incidencia. Destaca de manera particular la provincia de Galápagos, que se ha posicionado como un foco de atención al registrar la mayor tasa de incidencia a nivel nacional (463,08 por cada 100 000 habitantes) hasta la semana 21, evidenciando la persistencia de importantes focos de transmisión en distintas regiones del país (Ministerio de Salud Pública, 2026).

Por otra parte, durante el año 2025 se notificaron 37.840 casos de dengue, de los cuales el 85,64 % correspondieron a dengue sin signos de alarma (DSSA), el 13,39 % a dengue con signos de alarma (DCSA) y el 0,97 % a dengue grave (DG) (Ministerio de Salud Pública, 2026). Aunque en comparación con el año 2024 se observó una reducción

aproximada del 38,68 % en el número total de casos, un comportamiento similar al reportado en otros países de la región, el dengue grave presentó un incremento cercano al 18 %. Esta situación podría estar relacionada con la mayor circulación del serotipo DENV-3. Asimismo, durante este periodo se confirmó la circulación simultánea de tres serotipos virales en Ecuador (DENV-1, DENV-2 y DENV-3) (Figura 2), una condición epidemiológica que incrementa el riesgo de infecciones secundarias y potencialmente favorece la aparición de formas graves de la enfermedad. (Ministerio de Salud Pública, 2026) (Tabla 1).

Además de los cambios ambientales, la dinámica epidemiológica del dengue también está influenciada por procesos de globalización y movilidad humana. El transporte terrestre, aéreo y marítimo facilita el desplazamiento de personas infectadas desde zonas endémicas hacia áreas con poblaciones susceptibles, favoreciendo la introducción de nuevos serotipos virales y la aparición de brotes en regiones previamente libres de transmisión sostenida (Zúñiga, 2024). En Ecuador, la expansión de la infraestructura vial y el incremento de la conectividad territorial han contribuido a la redistribución geográfica del riesgo, facilitando la dispersión del dengue desde centros urbanos tradicionales hacia comunidades rurales de la Costa y la Amazonía (Katzelnick et al., 2024; Stewart-Ibarra, 2012) (Figura 3 y 4). Estos procesos interactúan con las variaciones climáticas, potenciando la transmisión en territorios donde las condiciones ambientales se vuelven cada vez más favorables para el establecimiento del vector.

De manera similar, modelos de nicho ecológico proyectan que *Aedes aegypti* continuará expandiendo su distribución geográfica y altitudinal en Ecuador. Se estima que, además de la Costa y la Amazonía el vector podrá colonizar valles interandinos de la Sierra como Loja y Pichincha, incluyendo hasta 4.215 km² adicionales de hábitat adecuado para el año 2050 bajo escenarios de altas emisiones (Lippi et al., 2019). Estos hallazgos sugieren que el cambio climático no solo está modificando la distribución geográfica del vector, sino

también transformando progresivamente el perfil epidemiológico del dengue en Ecuador, ampliando el riesgo hacia regiones que anteriormente eran consideradas de baja vulnerabilidad (Zúñiga, 2024). A su vez, esta expansión supone una enorme preocupación para salud pública, debido a que el dengue comienza a introducirse en poblaciones con poca o ninguna exposición previa al virus y, por lo tanto, con escasa inmunidad frente a los diferentes serotipos circulantes. (Katzelnick et al., 2024; Lippi et al., 2019). En estos escenarios, existe un mayor riesgo de brotes explosivos, incremento de formas graves y una presión progresiva sobre sistemas sanitarios que históricamente no habían enfrentado este tipo de enfermedades.

La dinámica de transmisión en Ecuador presenta una marcada estacionalidad, con mayores picos de incidencia generalmente entre marzo y mayo, meses en los que las condiciones de temperatura y humedad favorecen el ciclo biológico del mosquito (Cañizares et al., 2023). Sin embargo, esta dinámica no depende exclusivamente de factores ambientales. Diversos factores sociales y estructurales, como la urbanización acelerada, las limitaciones en saneamiento básico y las desigualdades en el acceso a servicios públicos, pueden aumentar la vulnerabilidad de determinadas poblaciones frente al dengue y favorecer la persistencia del vector en entornos urbanos y periurbanos (Lippi et al., 2018; Stewart-Ibarra, 2012).

En ciudades como Machala se ha documentado un incremento importante de la densidad vectorial durante la temporada lluviosa, particularmente en sectores con infraestructura precaria y limitaciones en saneamiento básico (Stewart-Ibarra et al., 2013). Cabe señalar que, en otros entornos urbanos, factores como el hacinamiento y el uso de sistemas de climatización modifican la exposición humana y crean microclimas que favorecen la persistencia de la transmisión incluso cuando las condiciones externas son menos favorables (Lippi et al., 2018). Esto evidencia que la incidencia del dengue resulta de la interacción compleja entre factores climáticos, ecológicos, sociales y sanitarios. Por esta

rázon, el comportamiento epidemiológico del dengue refleja cómo las alteraciones ambientales, climáticas y sociales interactúan dentro de un enfoque One Health, donde la salud humana, animal y ambiental se encuentran estrechamente relacionadas (Gomes et al., 2023).

Estos cambios evidencian que el riesgo de dengue en Ecuador ya no se concentra únicamente en zonas tropicales tradicionales, sino que comienza a extenderse progresivamente hacia regiones anteriormente consideradas de menor vulnerabilidad. La expansión altitudinal de *Aedes aegypti* hacia regiones andinas, junto con la creciente conectividad territorial y los cambios climáticos sostenidos, favorece la aparición de nuevos escenarios de transmisión en poblaciones con poca o ninguna inmunidad previa frente a los diferentes serotipos virales. Debido a esto, existe un mayor riesgo de brotes explosivos, incremento de formas graves y presión progresiva sobre sistemas sanitarios históricamente poco preparados para enfrentar transmisión sostenida en estas regiones.

5.2 CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS DEL VIRUS DEL DENGUE

El dengue es causado por el virus del dengue (DENV), un arbovirus de ARN de sentido positivo perteneciente a la familia *Flaviviridae* (Snyder et al., 2014) (Figura 5). Su genoma consiste de una cadena sencilla de aproximadamente 11 kb que codifica una poliproteína viral que se procesa en tres proteínas estructurales: cápside (C), membrana (prM/M) y envoltura (E), y siete proteínas no estructurales (NS1, NS2A, NS2B, NS3, NS4A, NS4B y NS5) (Nanaware et al., 2021; Pourzangiabadi et al., 2025). Entre las proteínas no estructurales, NS1 ha recibido especial atención debido a su participación en la evasión inmune, el daño endotelial y su utilidad como biomarcador diagnóstico temprano del dengue. Estas proteínas desempeñan funciones esenciales tanto en la replicación viral como en los mecanismos que permiten al virus evadir la respuesta inmune del huésped. Entre ellas, la proteína E destaca por su papel en la unión e ingreso del virus a las células, así como por su participación directa en la fusión endosomal, constituyendo un componente clave dentro del proceso infeccioso.

Se reconocen cuatro serotipos antigénicamente distintos (DENV-1, DENV-2, DENV-3 y DENV-4), y aunque se ha propuesto un posible quinto serotipo (DENV-5) su relevancia epidemiológica y clasificación continúan siendo objeto de debate. La infección genera inmunidad específica para el serotipo involucrado, pero sin protección cruzada duradera entre ellos (Gubler, 2002). Esta característica explica la posibilidad de infecciones sucesivas por diferentes serotipos y el mayor riesgo de desarrollar formas graves de la enfermedad durante reinfecciones heterólogas. También se ha descrito el fenómeno conocido como mejoramiento dependiente de anticuerpos o antibody-dependent enhancement (ADE), en el cual los anticuerpos generados durante una infección previa facilitan el ingreso del virus a células que poseen receptores Fcγ, aumentando la carga viral y desatando una respuesta inflamatoria severa, vinculada a las fases graves del dengue (Guzman & Harris, 2015; Nanaware et al., 2021; Uno & Ross, 2018).

A nivel celular, el ciclo de replicación viral inicia cuando la proteína E se une a receptores específicos de la célula huésped, activando un proceso de endocitosis mediada por su receptor (Guzman & Harris, 2015). Posteriormente, el ambiente ácido del endosoma induce cambios conformacionales que facilitan la fusión de membranas y la liberación del genoma viral al citoplasma. La replicación ocurre en las estructuras membranosas derivadas del retículo endoplásmico, donde también se ensamblan las nuevas partículas virales antes de continuar su maduración en el aparato de Golgi y ser liberadas mediante exocitosis (Nanaware et al., 2021). El DENV infecta principalmente células mieloides (monocitos, macrófagos y células dendríticas) las cuales actúan como sitios iniciales de replicación tras la picadura del mosquito vector (Uno & Ross, 2018).

Desde una perspectiva histórica, aunque la enfermedad fue descrita desde inicios del siglo XIX, el aislamiento viral ocurrió recién a mediados del siglo XX, primero en Japón y posteriormente en Hawái (Hotta, 1952). La expansión global del virus durante ese periodo se

ha asociado a los desplazamientos humanos masivos ocurridos durante la Segunda Guerra Mundial, los cuales favorecieron su dispersión geográfica (Monath, 1994). La transmisión del DENV depende estrechamente de su principal vector, *Aedes aegypti*. Cuando el mosquito ingiere sangre infectada, el virus se replica inicialmente en el intestino medio y posteriormente se disemina hacia las glándulas salivales. Para que el mosquito pueda transmitir el virus a un nuevo huésped humano, debe completarse un periodo de incubación extrínseca que generalmente está entre 4 y 10 días (Nanaware et al., 2021; Uno & Ross, 2018). Este proceso adquiere especial relevancia en el contexto del cambio climático, debido a que variaciones en la temperatura pueden modificar la duración de este periodo y favorecer una transmisión más veloz del virus.

Debido a que la transmisión del DENV depende estrechamente de la biología y ecología del mosquito vector, el análisis de *Aedes aegypti* resulta indispensable para comprender cómo las variaciones climáticas modifican la dinámica de transmisión y la distribución epidemiológica del dengue.

5.3 DISTRIBUCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE *AEDES AEGYPTI*

Aedes aegypti tiene un origen africano según indican las evidencias filogenéticas. Su linaje ancestral emergió en el África subsahariana como una variedad silvestre y zoofílica, clasificada como *Aedes aegypti formosus* (Powell & Tabachnick, 2013). Sin embargo, la presión antropogénica derivada del almacenamiento artificial de agua indujo una especiación hacia la subespecie domesticada, *Aedes aegypti aegypti*, la cual desarrolló una antropofilia extrema, hábitos endofílicos y resistencia embrionaria a la desecación mediante una cutícula altamente quitinizada (Powell & Tabachnick, 2013; Rezende et al., 2008). Su dispersión histórica estuvo estrechamente asociada al comercio marítimo internacional entre los siglos XV y XIX, periodo en el que los barriles de agua dulce de las embarcaciones funcionaron como criaderos flotantes (Rosen, 1986). Este mecanismo facilitó el establecimiento de

poblaciones fundadoras robustas en regiones del Mediterráneo, América y otras zonas tropicales y subtropicales, permitiéndoles colonizar con éxito los entornos urbanos modernos (Powell & Tabachnick, 2013).

Aedes aegypti es el principal vector del virus del dengue y uno de los mosquitos de mayor relevancia en salud pública. **Es un** vector de gran relevancia sanitaria debido a su capacidad para transmitir diversos arbovirus, incluyendo dengue, Zika, chikungunya y fiebre amarilla, se caracteriza por un cuerpo oscuro con escamas blancas plateadas, un patrón en forma de lira en el tórax y bandas blancas en las patas (Centers for Disease Control and Prevention, 2024). La elevada competencia vectorial de *Aedes aegypti* se relaciona con su preferencia por el ser humano, su estrecha asociación con el entorno doméstico y su limitada capacidad de dispersión, generalmente de 50-100 metros (Facchinelli et al., 2023; Winskill et al., 2015). Esta conducta convierte al espacio domiciliario en el principal foco de transmisión del dengue.

La transmisión del virus se encuentra estrechamente relacionada con la hematofagia de las hembras del mosquito, ya que estas requieren sangre humana para obtener aminoácidos esenciales para la maduración de sus huevos. Durante la alimentación, el mosquito utiliza su probóscide para succionar sangre e inocular simultáneamente saliva infectada con el virus, permitiendo el establecimiento de la infección en el huésped humano (Zúñiga, 2024). *Aedes aegypti* presenta un comportamiento predominantemente diurno, con mayores picos de actividad durante las primeras horas de la mañana y al atardecer (Facchinelli et al., 2023).

Un aspecto epidemiológico relevante es su tendencia a realizar múltiples picaduras sobre diferentes individuos en un mismo ciclo gonotrófico, especialmente cuando la alimentación es interrumpida, favoreciendo así una rápida dispersión del virus dentro de viviendas o vecindarios (Facchinelli et al., 2023; Reinhold et al., 2018). Para que el mosquito

logre transmitir el virus, su longevidad debe ser suficiente para superar el periodo de incubación extrínseca, es decir, el tiempo necesario para que el virus se replique dentro del insecto y este se vuelva infectivo (Reinhold et al., 2018).

El ciclo de vida de *Aedes aegypti* es holometábolo y puede completarse en aproximadamente 7 a 10 días, dependiendo de las condiciones ambientales. Las hembras depositan sus huevos en recipientes con agua, los cuales pueden permanecer viables durante largos periodos hasta entrar nuevamente en contacto con el agua. Tras la eclosión, el mosquito atraviesa las fases de larva y pupa antes de alcanzar el estadio de adulto, caracterizado por un patrón distintivo de manchas blancas sobre un cuerpo negro (Centers for Disease Control and Prevention, 2024) (Figura 6).

Las adaptaciones ecológicas de *Aedes aegypti* han sido determinantes para su persistencia y expansión global. Entre las más importantes destaca la resistencia de sus huevos a la desecación, relacionada con la presencia de una cutícula serosa quitinizada y melanina, permitiendo que sobrevivan durante meses e incluso más de un año en ambientes secos (Rezende et al., 2008). Esta característica facilita la permanencia del mosquito aún durante periodos desfavorables y favorece su rápida reaparición cuando las condiciones ambientales vuelven a ser adecuadas. Asimismo, el mosquito ha logrado adaptarse exitosamente a entornos antropogénicos mediante el uso de criaderos artificiales, como neumáticos, botellas, tanques de almacenamiento y otros recipientes con agua estancada (Carrera et al., 2020; Facchinelli et al., 2023). Los patrones de precipitación desempeñan un papel importante al determinar la disponibilidad temporal de criaderos y modificar la densidad poblacional del vector. Esta estrecha convivencia con el ser humano ha reducido su dependencia de hábitats naturales e incrementado el riesgo de brotes en zonas urbanas densamente pobladas.

En Ecuador, *Aedes aegypti* se encuentra ampliamente distribuido en las regiones Costa y Amazonía. Sin embargo, en los últimos años se ha documentado una expansión altitudinal y geográfica preocupante (Lippi et al., 2019). Tradicionalmente, las bajas temperaturas de la región andina limitaban la presencia del vector, pero actualmente se han reportado poblaciones en valles interandinos de provincias como Loja y Pichincha, alcanzando elevaciones cercanas a los 1600 metros sobre el nivel del mar, donde anteriormente las condiciones ecológicas no eran favorables para su supervivencia (Carrera et al., 2020; Katzelnick et al., 2024). Esta expansión representa un riesgo importante para poblaciones previamente no expuestas al dengue y que, por lo tanto, poseen poca o ninguna inmunidad frente a los diferentes serotipos virales (Lippi et al., 2019). De igual manera, evidencia cómo las modificaciones ambientales y climáticas están alterando progresivamente la distribución histórica del vector en el país. En conjunto, estos hallazgos evidencian que el cambio climático, combinado con procesos de urbanización y transformación ambiental, está modificando progresivamente la ecología y distribución de **Aedes aegypti** en Ecuador.

5.4 INFLUENCIA DE LAS VARIACIONES CLIMÁTICAS EN LA TRANSMISIÓN DEL DENGUE

5.4.1 TEMPERATURA

Las condiciones climáticas influyen de manera directa en la distribución, supervivencia y capacidad de transmisión de *Aedes aegypti*. Entre los factores más importantes se encuentran la temperatura, la precipitación y la humedad, los cuales regulan tanto la abundancia poblacional del vector como la dinámica de transmisión del dengue. La temperatura influye directamente en el desarrollo larval y en la velocidad del ciclo biológico del mosquito, el cual, bajo condiciones óptimas, puede completarse en aproximadamente 7 a 10 días (Reinhold et al., 2018; Sippy et al., 2019). Del mismo modo, temperaturas elevadas reducen el tiempo requerido para que el mosquito alcance la madurez reproductiva y aumentan la velocidad de replicación viral dentro del vector, acortando el periodo de

incubación extrínseca y facilitando una transmisión más eficiente del virus (Lambrechts et al., 2011). Sin embargo, aunque el calor favorece el desarrollo del vector, temperaturas extremas superiores a los 40 °C incrementan la mortalidad tanto de larvas como de adultos, estableciendo límites térmicos para su supervivencia (Carrera et al., 2020; Reinhold et al., 2018). Esto demuestra que pequeñas variaciones climáticas pueden modificar significativamente la dinámica de transmisión del dengue (Figura 7).

La relación entre temperatura y transmisión no es lineal, ya que existe un rango térmico óptimo para la supervivencia del vector y la transmisión viral. Temperaturas moderadamente elevadas favorecen la competencia vectorial y acortan el periodo de incubación extrínseca, mientras que condiciones excesivamente cálidas pueden reducir la longevidad del mosquito y limitar la transmisión (Lambrechts et al., 2011; Reinhold et al., 2018). Sin embargo, la ocurrencia de olas de calor sugiera que esta relación no es lineal: temperaturas extremas superiores a los 40 °C sobrepasan los límites térmicos del mosquito e incrementan drásticamente su mortalidad (Carrera et al., 2020).

Las olas de calor representan otro fenómeno climático de creciente importancia. Incrementos moderados de temperatura pueden favorecer la transmisión al reducir el periodo de incubación extrínseca y aumentar la actividad del mosquito. No obstante, cuando las temperaturas superan determinados umbrales biológicos, especialmente por encima de los 40 °C, se incrementa la mortalidad del vector y pueden producirse reducciones temporales en la transmisión (Reinhold et al., 2018). A pesar de ello, estos eventos extremos aumentan la presión sobre los sistemas de salud debido a sus efectos directos sobre la salud humana (Hartinger et al., 2024).

5.4.2 PRECIPITACIÓN

La precipitación también cumple un papel fundamental en el comportamiento poblacional del vector. Las lluvias ligeras e intermitentes favorecen la formación de nuevos

criaderos y ayudan a mantener niveles adecuados de humedad relativa que evitan la desecación de los mosquitos adultos (Sippy et al., 2019). Por el contrario, lluvias intensas pueden generar un efecto inmediato conocido como flushing, el cual arrastra físicamente larvas y pupas fuera de sus hábitats acuáticos, reduciendo temporalmente la densidad poblacional (Lippi et al., 2018; Sippy et al., 2019). No obstante, después de eventos de lluvia intensa suele producirse acumulación de agua en recipientes abandonados y saturación de los suelos, condiciones que favorecen un incremento significativo de mosquitos semanas después del evento climático (Carrera et al., 2020; Sippy et al., 2019). Esto explica por qué, en muchos casos, los brotes de dengue aparecen después de periodos de lluvias intensas. De igual forma, las inundaciones pueden producir un lavado inicial, pero al retroceder el agua dejan zonas anegadas.

Las inundaciones constituyen una de las principales consecuencias de los eventos de precipitación extrema y pueden modificar significativamente la ecología del vector. Inicialmente, las lluvias torrenciales pueden producir un efecto de arrastre o flushing que reduce temporalmente las poblaciones inmaduras de mosquitos. Sin embargo, posteriormente generan acumulaciones de agua estancada y nuevos sitios de reproducción que favorecen incrementos importantes de la densidad vectorial semanas después del evento climático (Caldwell et al., 2021; Serrano et al., 2025). Paradójicamente, los periodos de sequía también pueden favorecer la transmisión del dengue. La disminución de la disponibilidad de agua y las interrupciones en el suministro domiciliario obligan a las familias a almacenar agua en recipientes que, cuando no son manejados adecuadamente, se convierten en criaderos artificiales permanentes para *Aedes aegypti* (Martin et al., 2021; Stewart-Ibarra, 2012). Como resultado, la abundancia vectorial puede mantenerse elevada incluso durante periodos prolongados de déficit de precipitaciones.

5.4.3 HUMEDAD

La humedad ambiental constituye otro factor importante, ya que niveles elevados prolongan la supervivencia de los mosquitos adultos e incrementan la probabilidad de transmisión viral (Focks & Barrera, 2006). En conjunto, estas variables climáticas modifican continuamente la ecología del vector y la intensidad de transmisión del dengue.

5.4.4 ENSO (EL NIÑO Y LA NIÑA)

Los eventos climáticos extremos, particularmente aquellos asociados al fenómeno El Niño–Oscilación del Sur (ENSO), pueden alterar significativamente la dinámica del dengue al modificar simultáneamente temperatura, precipitación y humedad. En Ecuador, los eventos de El Niño suelen asociarse con incrementos de temperatura y lluvias intensas que favorecen el desarrollo del vector, amplían la disponibilidad de criaderos y aceleran la replicación viral, incrementando el riesgo de brotes epidémicos (Serrano et al., 2025; Stewart-Ibarra, 2012). Por su parte, aunque La Niña generalmente se asocia con temperaturas más bajas, determinadas anomalías climáticas durante esta fase también pueden generar condiciones favorables para la transmisión, especialmente cuando ocurren precipitaciones intensas o alteraciones inusuales en los patrones de humedad (Lippi et al., 2018).

5.4.5 LAG TEMPORAL

Cabe destacar que existe un rezago temporal (lag) entre los cambios climáticos y el aumento de casos de dengue. Los brotes epidemiológicos no ocurren simultáneamente a las lluvias o incrementos de temperatura, sino semanas después, cuando el mosquito completa su ciclo de desarrollo y el virus finaliza su periodo de incubación extrínseca (Sippy et al., 2019).

5.4.6 CAMBIO CLIMÁTICO Y EXPANSIÓN DEL RIESGO

Las tendencias actuales del cambio climático sugieren que las áreas de riesgo continuarán expandiéndose en las próximas décadas. Se estima que las anomalías térmicas y las alteraciones en los patrones de precipitación ampliarán el hábitat adecuado para *Aedes aegypti* hacia zonas de mayor altitud, incrementando el riesgo de transmisión en regiones previamente consideradas protegidas (Carrera et al., 2020; Lippi et al., 2019). En Ecuador, esta situación se relaciona con un patrón endemoepidémico marcado por una fuerte estacionalidad, donde el mayor número de casos ocurre generalmente entre febrero y mayo, coincidiendo con la temporada cálida y lluviosa (Cañizares et al., 2023; Sippy et al., 2019).

5.4.7 FACTORES SOCIALES MODULADORES DE LA TRANSMISIÓN

Aunque las variables climáticas desempeñan un papel central, la transmisión del dengue resulta de la interacción entre factores ambientales, sociales y sanitarios. En este contexto, la urbanización desordenada y el crecimiento acelerado de la población constituyen importantes determinantes de riesgo, ya que con frecuencia ocurren en escenarios donde la infraestructura básica y los servicios públicos no logran expandirse al mismo ritmo que las necesidades de la población (Zúñiga, 2024). La limitada cobertura de agua potable, alcantarillado y recolección de residuos sólidos favorece la creación de condiciones propicias para el establecimiento y proliferación de *Aedes aegypti* (Cañizares et al., 2023)

La incidencia del dengue también está influenciada por factores sociales y sanitarios. La falta de acceso continuo a agua potable obliga a muchas familias a almacenar agua en tanques, cisternas y otros recipientes domésticos que, cuando no son manejados adecuadamente, terminan funcionando como criaderos permanentes del mosquito (Ortega-López et al., 2024; Stewart-Ibarra, 2012). De igual manera, la acumulación de desechos sólidos y la presencia de solares vacíos favorecen la retención de agua en neumáticos, botellas y otros objetos abandonados, proporcionando sitios adicionales para la oviposición y el desarrollo de formas inmaduras del vector (Zúñiga, 2024).

Estas condiciones afectan principalmente a sectores socioeconómicos vulnerables y asentamientos urbanos o periurbanos con infraestructura deficiente, donde además la alta densidad poblacional incrementa el contacto entre mosquitos y huéspedes humanos susceptibles. Esto provoca que las distancias de vuelo requeridas para la alimentación sanguínea disminuyen y la transmisión puede ocurrir de manera más rápida y focalizada dentro de los vecindarios (Lalangui-Vivanco et al., 2025; Ortega-López et al., 2024). En conjunto, estos factores evidencian que el riesgo epidemiológico del dengue no depende exclusivamente del clima, sino también de desigualdades sociales y condiciones estructurales que favorecen la persistencia del vector y amplifican la transmisión de la enfermedad (Stewart-Ibarra, 2012).

5.5 VACÍOS DE CONOCIMIENTO

A pesar de la magnitud del problema, en Ecuador persiste una importante fragmentación de la evidencia científica disponible. Gran parte de la información proviene de estudios locales que utilizan metodologías diferentes, dificultando la comparación entre resultados y limitando la construcción de una visión nacional integrada sobre la relación entre clima, vector y enfermedad (Stewart-Ibarra, 2012; Zúñiga, 2024). Además, existe un marcado vacío geográfico, ya que la mayoría de investigaciones se concentran en la región Costa, mientras que la Sierra y la Amazonía cuentan con información mucho más limitada, pese a que actualmente experimentan cambios epidemiológicos importantes relacionados con la expansión del vector (Katzelnick et al., 2024; Stewart-Ibarra, 2012).

Las limitaciones metodológicas representan otro desafío importante. Muchas investigaciones utilizan series de tiempo cortas y diseños heterogéneos que dificultan analizar tendencias climáticas a largo plazo (Stewart-Ibarra, 2012). A esta fragmentación se suma una insuficiencia estructural en la vigilancia genómica. Asimismo, persisten limitaciones en la vigilancia epidemiológica y virológica del dengue. La información disponible sobre la

circulación de serotipos virales suele ser fragmentada y se encuentra concentrada en determinadas zonas del país, lo que dificulta comprender con precisión los cambios en los patrones de transmisión y anticipar oportunamente escenarios asociados a formas graves de la enfermedad (Katzelnick et al., 2024).

Es fundamental señalar la existencia de un vacío significativo en el acceso a datos meteorológicos oficiales actualizados en Ecuador. Al momento de la presente investigación (2026), los registros públicos disponibles del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) sobre variables como temperatura, precipitación y humedad presentan una importante limitación temporal, restringiéndose principalmente a series históricas que culminan en 2013, pese a encontrarse recopiladas en publicaciones emitidas posteriormente. Esta brecha de información dificulta la realización de análisis robustos que permitan correlacionar de manera directa las variaciones climatológicas recientes con los picos epidémicos atípicos de dengue registrados entre 2024 y 2026. En consecuencia, la disponibilidad limitada de datos meteorológicos actualizados constituye una restricción estructural para el desarrollo de estudios integrados y para el fortalecimiento de los sistemas de vigilancia epidemiológica y climática en el país. Esta limitación puede observarse en las series históricas utilizadas en la presente revisión, cuyos datos disponibles concluyen en 2013 (Figuras 8 y 9).

Sumado a ello, existe un sesgo metodológico recurrente que excluye el análisis de casos registrados por encima de los 1600 msnm, lo que podría estar limitando la comprensión de la adaptación del vector a condiciones climáticas más frías de la región andina (Zúñiga, 2024). Adicionalmente, todavía existe una falta de modelos integrados capaces de relacionar de manera sólida las variables clima–vector–enfermedad, estas limitaciones evidencian la necesidad de integrar la información climática, entomológica, epidemiológica y socioambiental disponible para comprender de manera más completa cómo el cambio climático está modificando la transmisión del dengue en Ecuador (Zúñiga, 2024).

5.6 EVIDENCIA CIENTÍFICA EN ECUADOR SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO, *AEDES AEGYPTI* Y DENGUE

Como parte de la revisión, se realizó una búsqueda específica en PubMed (https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/) con los términos "Dengue", "Ecuador", "*Aedes aegypti*" y "climate". Esta búsqueda permitió identificar diez estudios directamente relacionados con la temática, a los que se añadió un artículo adicional por su relevancia para el contexto nacional. La limitada cantidad de publicaciones encontradas evidencia la escasez de investigaciones enfocadas específicamente en comprender cómo el cambio climático está modificando la ecología del vector y la dinámica epidemiológica del dengue en el país.

5.6.1 INFLUENCIA DE LAS VARIABLES CLIMÁTICAS SOBRE LA TRANSMISIÓN DEL DENGUE

Uno de los primeros trabajos que abordó esta problemática en Ecuador fue desarrollado por Stewart-Ibarra & Lowe (2013), quienes presentaron un modelo estadístico mixto diseñado para evaluar la influencia de factores climáticos y no climáticos en la variabilidad interanual de las epidemias de dengue en la región costera del sur del Ecuador. Al analizar las tasas de morbilidad estandarizada del dengue entre 1995 y 2010 en conjunto con datos meteorológicos locales y del Pacífico, los autores identificaron asociaciones positivas entre la incidencia de la enfermedad, el incremento de las lluvias, la temperatura mínima y el Índice Oceánico del Niño (ONI), registrándose un mayor número de casos durante los eventos climáticos de El Niño. Además, al incorporar información entomológica y virológica correspondiente al periodo 2001–2010, demostraron que la presencia de formas inmaduras de *Aedes aegypti* en los hogares y el número de serotipos de dengue circulantes constituyen predictores altamente significativos de los brotes epidémicos. A partir de estos hallazgos, los autores concluyen que el monitoreo conjunto de impulsores climáticos y biológicos proporciona una ventaja predictiva importante para el desarrollo de sistemas de alerta temprana contra el dengue.

Posteriormente, Caldwell et al. (2021), desarrollaron un modelo mecánico basado en la fisiología de *Aedes aegypti* para predecir la dinámica temporal y geográfica del dengue en regiones de Ecuador y Kenia. El estudio demostró que variables climáticas como la temperatura, la humedad y la precipitación influyen directamente sobre parámetros críticos para la transmisión viral, incluyendo la tasa de picadura, el desarrollo larval y el periodo de incubación extrínseca. Los autores reportaron una capacidad predictiva entre el 44% y el 88% para estimar la incidencia de casos confirmados por laboratorio, destacando que el clima es un determinante importante en el número, duración y temporalidad de los brotes epidémicos. Sin embargo, el estudio también evidenció que la magnitud de las epidemias no depende únicamente de factores climáticos, sino también de la disponibilidad de poblaciones susceptibles y de condiciones socioambientales específicas. Debido a ello, viviendas con acceso continuo a agua potable por tubería y construidas con cemento presentaron menor abundancia vectorial, debido a una menor necesidad de almacenar agua y a cambios en los microclimas interiores.

Complementariamente, el reporte Lancet Countdown Latin America desarrollado por Hartinger et al. (2024), documentó cómo las poblaciones latinoamericanas enfrentan una exposición cada vez mayor a condiciones climáticas extremas y evaluó 34 indicadores relacionados con salud y cambio climático hasta el año 2022. Respecto al dengue, el informe destacó particularmente el indicador 1.3, el cual mide el potencial de transmisión del virus del dengue por *Aedes aegypti*. Este indicador evidenció un incremento aproximado del 54% en el potencial de transmisión entre los periodos 1951–1960 y 2013–2022 en América Latina, resultado que coincide con el aumento reciente de casos y brotes epidémicos registrados en diversos países de la región, sugiriendo que el cambio climático está intensificando progresivamente las condiciones favorables para la transmisión del virus. De igual manera, el reporte incluyó el indicador 2.3.1 denominado Índice de Riesgo de Mosquitos (Mosquito Risk Index, MoRI), el cual evalúa la vulnerabilidad frente a enfermedades graves transmitidas por mosquitos considerando variables relacionadas con agua, saneamiento e higiene

(WASH). Aunque en términos generales se observó una reducción regional del riesgo gracias a mejoras en saneamiento básico, algunos países evidenciaron tendencias opuestas, reflejando limitaciones en la preparación frente a escenarios de cambio climático.

5.6.2 FACTORES SOCIOAMBIENTALES ASOCIADOS A LA ABUNDANCIA DE *AEDES AEGYPTI*

Además de las variables climáticas, diversos estudios han demostrado que la presencia y abundancia de *Aedes aegypti* dependen estrechamente de factores sociales, ambientales y domésticos.

En este contexto, Stewart-Ibarra et al. (2013) investigaron los factores climáticos y socioecológicos que influyen en la dinámica poblacional de *Aedes aegypti* en la ciudad hiperendémica de Machala. A través del monitoreo de la actividad de oviposición, encuestas estacionales de pupas y evaluaciones de hogares, los autores determinaron que la presencia del vector está fuertemente condicionada por prácticas de almacenamiento de agua, acceso a agua potable por tubería, características de la vivienda, condiciones del patio y nivel de conocimiento sobre dengue. Además, identificaron a la lluvia y la temperatura mínima como predictores significativos de la actividad de oviposición, destacando que el efecto de la precipitación varía según las características de cada localidad.

De manera similar, Quintero et al. (2014) realizaron un estudio multicéntrico en áreas urbanas de México, Colombia, Ecuador, Brasil y Uruguay para identificar factores ecológicos, biológicos y sociales asociados a la producción de *Aedes aegypti*. Los resultados mostraron que la mayor producción de mosquitos se concentra en recipientes ubicados al aire libre, sin tapa, fuera de uso y llenados con agua de lluvia. En Ecuador y Colombia, los grandes tanques de almacenamiento de agua también se identificaron como hábitats altamente productivos. Adicionalmente, los autores evidenciaron que los índices tradicionales de infestación larvaria presentan limitaciones para identificar los recipientes más productivos, mientras que la

vigilancia basada en pupas durante la época lluviosa permite focalizar con mayor precisión las intervenciones de control vectorial.

Martin et al. (2021) analizaron la influencia conjunta de factores climáticos y domésticos sobre la presencia de *Aedes aegypti* en Huaquillas durante un año particularmente seco. Los resultados evidenciaron que la abundancia del mosquito alcanzó sus niveles más altos durante semanas caracterizadas por temperaturas elevadas seguidas de incrementos en la precipitación. A su vez, los hogares con interrupciones frecuentes en el suministro de agua potable presentaron una mayor probabilidad de albergar al vector, mientras que las viviendas con sistemas sépticos mostraron menor presencia del mosquito. Estos hallazgos demuestran cómo las limitaciones de infraestructura y saneamiento interactúan con las condiciones climáticas para favorecer la persistencia del vector incluso durante periodos de sequía.

Más recientemente, Lalangui-Vivanco et al. (2025) desarrollaron un modelo espacial de máxima entropía (MaxEnt) para evaluar la distribución potencial y el riesgo de transmisión del dengue en Manta. Los autores identificaron tres conglomerados de alta idoneidad que, pese a representar únicamente el 17,87 % del territorio, concentraron el 58,33 % de los casos reportados. El modelo determinó que la densidad poblacional se considera el principal predictor de idoneidad del hábitat del vector, explicando el 72,3 % de la variabilidad observada. Además, las deficiencias en el acceso al alcantarillado incrementaron significativamente el riesgo de transmisión, resaltando la importancia de los determinantes socioeconómicos en la dinámica epidemiológica del dengue.

5.6.3 DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA Y EXPANSIÓN DEL VECTOR

La expansión geográfica de *Aedes aegypti* constituye una de las principales preocupaciones en el contexto del cambio climático.

Uno de los estudios más relevantes fue desarrollado por Lippi et al. (2019), quienes analizaron la idoneidad del hábitat de *Aedes aegypti* en Ecuador utilizando modelos de nicho ecológico y datos de vigilancia larvaria recopilados por el Ministerio de Salud Pública entre los años 2000 y 2012. Los autores identificaron que la distribución actual del vector se concentra principalmente en las tierras bajas de la costa occidental, mientras que las regiones andinas de gran altitud y parte de la Amazonía oriental continúan presentando condiciones menos favorables para su establecimiento. Sin embargo, las proyecciones climáticas para el año 2050 evidenciaron desplazamientos geográficos importantes hacia zonas de transición altitudinal. Bajo el escenario más extremo, el modelo estimó una expansión potencial cercana a los 4.215 km² hacia regiones montañosas previamente consideradas protegidas.

Por otra parte, Ortega-López et al. (2024) investigaron el comportamiento, la distribución y la abundancia de *Aedes aegypti* en dos focos hiperendémicos de transmisión ubicados en los cantones de Portoviejo y Quinindé. Mediante el uso de trampas BG-Sentinel y aspiradores Prokopack, los autores observaron que la abundancia del vector alcanza su máximo durante el final de la temporada cálida y lluviosa, particularmente entre marzo y abril. También, identificaron diferencias importantes entre vecindarios urbanos y periurbanos, así como una marcada variación en las preferencias de reposo del mosquito entre ambas localidades. El estudio también encontró una asociación negativa entre la abundancia del vector y las precipitaciones acumuladas tres semanas antes del muestreo, sugiriendo que los periodos de menor lluvia podrían favorecer prácticas de almacenamiento de agua y aumentar la disponibilidad de criaderos artificiales.

5.6.4 VIGILANCIA Y CONTROL VECTORIAL

El control efectivo de *Aedes aegypti* constituye uno de los principales desafíos para la prevención del dengue.

Por su parte, de Ryan et al. (2019) evaluaron la resistencia a insecticidas en poblaciones del mosquito procedentes de Machala, Huaquillas, Portovelo y Zaruma. Mediante bioensayos de botella y genotipificación de alelos, los autores identificaron altos niveles de resistencia fenotípica a insecticidas ampliamente utilizados por el Ministerio de Salud Pública, incluyendo deltametrina, alfa-cipermetrina y malatión. Particularmente, la resistencia al malatión presentó tasas de mortalidad inferiores al 6 % en todas las poblaciones evaluadas. Además, se confirmó la amplia distribución de mutaciones asociadas a resistencia a piretroides (V1016I y F1534C), encontrándose esta última prácticamente fijada en varias poblaciones. Los autores concluyen que la vigilancia continua de la resistencia constituye un componente fundamental para garantizar la efectividad de los programas de control vectorial.

5.6.5 EVIDENCIA COMPLEMENTARIA SOBRE LA ECOLOGÍA DE *AEDES AEGYPTI*

Durante la búsqueda bibliográfica se identificó un estudio adicional en PubMed que apareció dentro de los resultados asociados a Ecuador debido a la afiliación de uno de sus autores con una institución ecuatoriana. Aunque la investigación fue desarrollada en Togo y no corresponde al contexto epidemiológico ecuatoriano, se decidió incluirla como evidencia complementaria debido a la relevancia de sus hallazgos sobre la ecología y persistencia de *Aedes aegypti.*

Akagankou et al. (2025) analizaron la dinámica poblacional, estacionalidad y distribución geográfica de larvas de *Aedes aegypti* en la región sanitaria del Gran Lomé, Togo. Los autores registraron más de 52.000 larvas durante un año de monitoreo y demostraron que el vector permanece presente durante todo el año, aunque con una abundancia significativamente mayor durante la temporada lluviosa. Asimismo, identificaron una fuerte asociación entre la presencia del mosquito y los entornos altamente urbanizados, además de evidenciar el papel de la resistencia de los huevos a la desecación en la persistencia de las poblaciones. Aunque este estudio no corresponde al contexto ecuatoriano, sus hallazgos

contribuyen a comprender mecanismos ecológicos ampliamente reconocidos para *Aedes aegypt*i en ambientes tropicales y urbanos.

5.6.6 SÍNTESIS DE LA EVIDENCIA CIENTÍFICA

Los estudios incluidos en esta revisión sugieren que el cambio climático está influyendo en la distribución geográfica de *Aedes aegypti* y en la dinámica de transmisión del dengue en Ecuador. La temperatura, la precipitación y la humedad fueron las variables climáticas que mostraron una relación más frecuente con la abundancia del vector, la actividad de oviposición, el desarrollo larval y el periodo de incubación extrínseca, factores que pueden afectar la transmisión de la enfermedad. Además, varios estudios señalaron que condiciones sociales como el acceso limitado a agua potable, el almacenamiento doméstico de agua, las características de la vivienda y las deficiencias en saneamiento básico pueden potenciar los efectos de las variables climáticas, incrementando la formación de criaderos artificiales y aumentando el riesgo de dengue en poblaciones vulnerables.

Por otra parte, la evidencia revisada demuestra que la dinámica epidemiológica del dengue no depende exclusivamente de las condiciones climáticas. Factores relacionados con la ecología y el comportamiento del vector, como la abundancia de formas inmaduras, la distribución espacial de los mosquitos adultos, la presencia simultánea de diferentes serotipos virales y los crecientes niveles de resistencia a insecticidas, también desempeñan un papel determinante en la ocurrencia de brotes. Del mismo modo, varios estudios resaltan la utilidad de los modelos predictivos que integran información climática, entomológica y socioambiental para anticipar escenarios de riesgo y fortalecer los sistemas de alerta temprana. Estos hallazgos respaldan la necesidad de abordar el dengue desde una perspectiva integral que considere simultáneamente los componentes climáticos, biológicos, ambientales y sociales involucrados en la transmisión.

A pesar de la creciente magnitud del problema, la producción científica relacionada con dengue, cambio climático y *Aedes aegypti* en Ecuador continúa siendo limitada y

fragmentada. La mayoría de investigaciones disponibles se concentran principalmente en ciudades de la región Costa, utilizan metodologías heterogéneas y presentan series temporales relativamente cortas, lo que dificulta comparar resultados y comprender integralmente la dinámica clima–vector–enfermedad a escala nacional. Además, persiste un importante vacío de información en regiones andinas y amazónicas, pese a que actualmente estas zonas experimentan cambios epidemiológicos relevantes relacionados con la expansión geográfica del vector. Considerando el incremento sostenido de casos de dengue en América Latina, la expansión altitudinal de *Aedes aegypti* y las proyecciones climáticas para las próximas décadas, fortalecer la investigación sobre esta enfermedad en Ecuador resulta fundamental no solo para comprender mejor su comportamiento epidemiológico, sino también para orientar políticas públicas, optimizar los sistemas de vigilancia y reducir el impacto sanitario y social asociado al dengue en poblaciones cada vez más vulnerables.

6. CONCLUSIONES

1. Durante esta revisión bibliográfica se identificó un número reducido de estudios que analizan la relación entre el cambio climático, la distribución de *Aedes aegypti* y la incidencia del dengue en Ecuador. A partir de los estudios analizados se observó que el cambio climático está modificando las condiciones ambientales que favorecen la presencia del vector y la transmisión del dengue, lo que podría dar lugar a patrones epidemiológicos más complejos en los próximos años. Sin embargo, la producción científica nacional continúa siendo escasa, fragmentada y concentrada principalmente en la región Costa, evidenciando importantes vacíos de investigación en la Sierra y la Amazonía.

2. Entre las variables climáticas analizadas, la temperatura, la precipitación y la humedad fueron las que mostraron una relación más consistente con la presencia de *Aedes aegypti* y la ocurrencia de casos de dengue. Los incrementos moderados de temperatura aceleran el desarrollo del vector y la replicación viral, mientras que la precipitación y la humedad influyen en la disponibilidad de criaderos y en la supervivencia de los mosquitos, efectos que se intensifican durante eventos climáticos como El Niño.

3. La dinámica de transmisión del dengue responde a la interacción entre factores climáticos y socioambientales. Condiciones como el acceso irregular a agua potable, las prácticas de almacenamiento doméstico de agua, las deficiencias en saneamiento básico y la urbanización acelerada favorecen la persistencia de *Aedes aegypti*, lo que aumenta el riesgo de dengue en determinadas poblaciones.

4. La evidencia revisada sugiere una expansión geográfica y altitudinal de *Aedes aegypti* en Ecuador, incluyendo zonas de la región andina que históricamente presentaban condiciones menos favorables para su establecimiento. Esta expansión representa un desafío importante para la salud pública, ya que incrementa el riesgo de transmisión en poblaciones

con poca o ninguna exposición previa al virus, favoreciendo potencialmente la aparición de brotes en áreas anteriormente consideradas de baja vulnerabilidad.

5. Se identificaron importantes vacíos de conocimiento relacionados con la heterogeneidad metodológica de los estudios, el uso de series temporales cortas, la limitada integración de información climática, entomológica y epidemiológica, así como la insuficiente vigilancia virológica y genómica del dengue. Además, persiste un sesgo geográfico y metodológico que restringe la comprensión de la expansión del vector hacia zonas de mayor altitud. Estas limitaciones dificultan el desarrollo de modelos predictivos integrados y reducen la capacidad de anticipar escenarios de riesgo para fortalecer los sistemas de vigilancia, prevención y control del dengue en el país.

6. Los estudios revisados permiten concluir que el cambio climático desempeña un papel importante en la modificación de los patrones de distribución de *Aedes aegypti* y en la dinámica de transmisión del dengue en Ecuador. Sin embargo, comprender plenamente su impacto requiere ampliar la generación de evidencia científica en distintas regiones del país e incorporar enfoques integrados que consideren simultáneamente los determinantes climáticos, ecológicos y sociales de la enfermedad.

7. RECOMENDACIONES

- Se recomienda fortalecer la investigación científica sobre la relación entre el cambio climático, la presencia de *Aedes aegypti* y la incidencia del dengue en Ecuador, mediante el desarrollo de estudios que integren variables climáticas, entomológicas y epidemiológicas. Esto permitiría comprender mejor las tendencias a largo plazo y generar evidencia que contribuya al diseño de estrategias de prevención y control más efectivas.

- De igual manera, es necesario ampliar la cobertura geográfica de las investigaciones relacionadas con el dengue hacia las regiones Sierra y Amazonía, donde la información disponible aún es limitada. Además, resulta importante incluir el análisis de zonas ubicadas por encima de los 1600 msnm, con el fin de evaluar la expansión altitudinal del vector y sus posibles implicaciones para la salud pública.

- Promover la estandarización metodológica y la integración de información climática, entomológica, epidemiológica y socioambiental con el fin de generar evidencia comparable a nivel nacional y fortalecer el conocimiento sobre la interacción clima–vector–enfermedad en los diferentes contextos ecológicos del país.

- Desarrollar e implementar sistemas de vigilancia y alerta temprana que integren variables meteorológicas, índices entomológicos y determinantes socioambientales, permitiendo identificar oportunamente escenarios de riesgo y mejorar la capacidad de prevención y respuesta frente a brotes de dengue asociados a variaciones climáticas y eventos extremos como El Niño y La Niña.

- Fortalecer la vigilancia entomológica, virológica y molecular del dengue, incluyendo el monitoreo de serotipos virales circulantes y la evaluación periódica de la resistencia a

insecticidas en poblaciones de *Aedes aegypti*, para optimizar las estrategias de control vectorial y reducir el riesgo epidemiológico.

- Incorporar las proyecciones climáticas en la planificación de programas de prevención y control del dengue, considerando la posible expansión geográfica y altitudinal del vector hacia nuevas áreas del territorio nacional. Esto permitirá fortalecer la preparación de los servicios de salud y reducir la vulnerabilidad de poblaciones que históricamente no han estado expuestas a la transmisión sostenida de la enfermedad.

- Impulsar políticas públicas orientadas a mejorar el acceso continuo a agua potable, el saneamiento básico y la gestión adecuada de residuos sólidos, especialmente en sectores urbanos y periurbanos con mayores niveles de vulnerabilidad. Estas acciones contribuirán a reducir la disponibilidad de criaderos artificiales y a disminuir las condiciones que favorecen la proliferación del vector.

- Fortalecer las estrategias de educación, comunicación y participación comunitaria dirigidas a la eliminación de criaderos domésticos y a la adopción de medidas preventivas frente al dengue, promoviendo la corresponsabilidad de la población en las acciones de control vectorial.

- Promover la implementación de enfoques integrales basados en los principios de One Health, fomentando la articulación entre los sectores de salud, ambiente, academia, gobiernos locales y comunidad. La colaboración interdisciplinaria permitirá abordar de manera más efectiva los desafíos que plantea el cambio climático sobre la distribución de *Aedes aegypti* y la transmisión del dengue en Ecuador.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Akagankou, K. I., Ahadji-Dabla, K. M., Romero-Alvarez, D., Navarro, J. C., Ortega-López, L. D., Villanueva-Sarmiento, M., N'Tsoukpoe, K. G. J., Koffi, E., Kondo, Y., Amekudi, A. A., Apetogbo, Y., Lenhart, A., & Ketoh, G. K. (2025). Widespread distribution of *Aedes aegypti* larvae, a potential risk of arbovirus transmission in the Grand Lomé health region, Togo, West Africa. *Parasites & Vectors*, *18*(1). https://doi.org/10.1186/S13071-025-06835-7

Caldwell, J. M., LaBeaud, A. D., Lambin, E. F., Stewart-Ibarra, A. M., Ndenga, B. A., Mutuku, F. M., Krystosik, A. R., Ayala, E. B., Anyamba, A., Borbor-Cordova, M. J., Damoah, R., Grossi-Soyster, E. N., Heras, F. H., Ngugi, H. N., Ryan, S. J., Shah, M. M., Sippy, R., & Mordecai, E. A. (2021). Climate predicts geographic and temporal variation in mosquito-borne disease dynamics on two continents. *Nature Communications*, *12*(1). https://doi.org/10.1038/S41467-021-21496-7

Cañizares, W., Andrade, K., & Ordóñez, D. (2023). *Comportamiento epidemiológico del Dengue en Ecuador desde su reemergencia. Periodo 1980-2020 | Revista Médica-Científica CAMbios HECAM*. https://revistahcam.iess.gob.ec/index.php/cambios/article/view/834/754

Carrera, M. B. B., Almeida, O. P., & Toulkeridis, T. (2020). Modeling of the spatial distribution of the vector *Aedes Aegypti*, transmitter of the Zika Virus in continental Ecuador by the application of GIS tools. *Bionatura*, *5*(4), 1314–1327. https://doi.org/10.21931/RB/20120.05.04.7

Centers for Disease Control and Prevention. (2024, April 16). *Life Cycle of Aedes Mosquitoes*. https://www.cdc.gov/mosquitoes/about/life-cycle-of-aedes-mosquitoes.html

Centers for Disease Control and Prevention. (2025, July 29). *Current Dengue Outbreak* . https://www.cdc.gov/dengue/outbreaks/2024/index.html

Dick, O. B., San Martín, J. L., Montoya, R. H., Del Diego, J., Zambrano, B., & Dayan, G. H. (2012). The History of Dengue Outbreaks in the Americas. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, *87*(4), 584. https://doi.org/10.4269/AJTMH.2012.11-0770

Escobar, L. E., Romero-Alvarez, D., Leon, R., Lepe-Lopez, M. A., Craft, M. E., Borbor-Cordova, M. J., & Svenning, J. C. (2016). Declining Prevalence of Disease Vectors Under Climate Change. *Scientific Reports 2016 6:1*, *6*(1), 39150-. https://doi.org/10.1038/srep39150

Facchinelli, L., Badolo, A., & McCall, P. J. (2023). Biology and Behaviour of *Aedes aegypti* in the Human Environment: Opportunities for Vector Control of Arbovirus Transmission. *Viruses 2023, Vol. 15, Page 636*, *15*(3), 636. https://doi.org/10.3390/V15030636

Focks, D. A., & Barrera, R. (2006). Dengue Transmission Dynamics: Assessment And Implications For Control. *Report on Dengue*. http://www.who.int/tdr/publications/publications/swg_dengue_2.htm

Garcia, M. E., Taylor, B. N., Anderson, O. J., & Luis Gomez, H. (2024). Climate Change and the Resurgence of Vector-Borne Diseases: Immune System Adaptations and Emerging Challenges. *Journal of Molecular Science*, *34*, 71–74. www.jmolecularsci.com

Githeko, A. K., Lindsay, S. W., Confalonieri, U. E., & Patz, J. A. (2000). Climate change and vector-borne diseases: a regional analysis. *Special Theme – Environment and Health*.

Gomes, H., de Jesus, A. G., & Quaresma, J. A. S. (2023). Identification of risk areas for arboviruses transmitted by *Aedes aegypti* in northern Brazil: A One Health analysis. *One Health*, *16*. https://doi.org/10.1016/j.onehlt.2023.100499

Gubler, D. J. (2002). Epidemic dengue/dengue hemorrhagic fever as a public health, social and economic problem in the 21st century. *Trends in Microbiology*, *10*(2), 100–103. https://doi.org/10.1016/S0966-842X(01)02288-0

Guzman, M. G., & Harris, E. (2015). Dengue. *The Lancet*, *385*(9966), 453–465. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(14)60572-9

Hartinger, S. M., Palmeiro-Silva, Y. K., Llerena-Cayo, C., Blanco-Villafuerte, L., Escobar, L. E., Diaz, A., Sarmiento, J. H., Lescano, A. G., Melo, O., Rojas-Rueda, D., Takahashi, B., Callaghan, M., Chesini, F., Dasgupta, S., Posse, C. G., Gouveia, N., Martins de Carvalho, A., Miranda-Chacón, Z., Mohajeri, N., … Romanello, M. (2024). The 2023 Latin America report of the Lancet Countdown on health and climate change: the imperative for health-centred climate-resilient development. *The Lancet Regional Health - Americas*, *33*, 100746. https://doi.org/10.1016/j.lana.2024.100746

Hotta, S. (1952). Experimental Studies on Dengue: I. Isolation, Identification and Modification of the Virus. *The Journal of Infectious Diseases*, *90*(1), 1–9. https://doi.org/10.1093/INFDIS/90.1.1

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2023). *Sixth Assessment Report*. https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/press/IPCC_AR6_SYR_SlideDeck.pdf

Katzelnick, L. C., Quentin, E., Colston, S., Ha, T. A., Andrade, P., Eisenberg, J. N. S., Ponce, P., Coloma, J., & Cevallos, V. (2024). Increasing transmission of dengue virus across ecologically diverse regions of Ecuador and associated risk factors. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, *18*(1), e0011408. https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PNTD.0011408

Lalangui-Vivanco, K., Quentin, E., Sánchez-Murillo, M., Cotera-Mantilla, M., Loor, L., Espinoza, M., Sánchez-Rodríguez, J. M., Espinel, M., Ponce, P., & Cevallos, V. (2025). Spatial Modeling of the Potential Distribution of Dengue in the City of Manta, Ecuador. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *22*(10). https://doi.org/10.3390/IJERPH22101521

Lambrechts, L., Paaijmans, K. P., Fansiri, T., Carrington, L. B., Kramer, L. D., Thomas, M. B., & Scott, T. W. (2011). Impact of daily temperature fluctuations on dengue virus transmission by *Aedes aegypti. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *108*(18), 7460–7465. https://doi.org/10.1073/PNAS.1101377108

Lippi, C. A., Stewart-Ibarra, A. M., Franklin Bajaña Loor, M. E., Dueñas Zambrano, J. E., Espinoza Lopez, N. A., Blackburn, J. K., & Ryan, S. J. (2019). Geographic shifts in *Aedes*

aegypti habitat suitability in Ecuador using larval surveillance data and ecological niche modeling: Implications of climate change for public health vector control. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, *13*(4), e0007322. https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PNTD.0007322

Lippi, C. A., Stewart-Ibarra, A. M., Muñoz, Á. G., Borbor-Cordova, M. J., Mejía, R., Rivero, K., Castillo, K., Cárdenas, W. B., & Ryan, S. J. (2018). The Social and Spatial Ecology of Dengue Presence and Burden during an Outbreak in Guayaquil, Ecuador, 2012. *International Journal of Environmental Research and Public Health 2018, Vol. 15, Page 827*, *15*(4), 827. https://doi.org/10.3390/IJERPH15040827

Martin, J. L., Lippi, C. A., Stewart-Ibarra, A. M., Ayala, E. B., Mordecai, E. A., Sippy, R., Heras, F. H., Blackburn, J. K., & Ryan, S. J. (2021). Household and climate factors influence *Aedes aegypti* presence in the arid city of Huaquillas, Ecuador. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, *15*(11). https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PNTD.0009931

Messina, J. P., Brady, O. J., Scott, T. W., Zou, C., Pigott, D. M., Duda, K. A., Bhatt, S., Katzelnick, L., Howes, R. E., Battle, K. E., Simmons, C. P., & Hay, S. I. (2014). Global spread of dengue virus types: mapping the 70 year history. *Trends in Microbiology*, *22*(3), 138. https://doi.org/10.1016/J.TIM.2013.12.011

Ministerio de Salud Pública. (2017). *Subsecretaria de vigilancia, prevención y control de la salud dirección nacional de vigilancia epidemiológica enfermedades transmitidas por vectores Gaceta correspondiente a la Semana Epidemiológica (SE) 52, Ecuador año 2017. https://www.salud.gob.ec/wp-content/uploads/2017/07/Gaceta-Vectorial-SE52.pdf*

Ministerio de Salud Pública. (2018). *Subsecretaria de vigilancia, prevención y control de la salud dirección nacional de vigilancia epidemiológica enfermedades transmitidas por vectores Gaceta correspondiente a la Semana Epidemiológica (SE) 52, Ecuador año 2018. https://www.salud.gob.ec/wp-content/uploads/2019/01/GACETA-VECTORES-SE-52.pdf*

Ministerio de Salud Pública. (2019). *Subsecretaria de vigilancia, prevención y control de la salud dirección nacional de vigilancia epidemiológica enfermedades transmitidas por vectores Gaceta correspondiente a la Semana Epidemiológica (SE) 52, Ecuador año 2019. https://www.salud.gob.ec/wp-content/uploads/2020/02/GACETA-VECTORES-SE-52.pdf*

Ministerio de Salud Pública. (2020). *Subsecretaria de vigilancia, prevención y control de la salud dirección nacional de vigilancia epidemiológica enfermedades transmitidas por vectores Gaceta correspondiente a la Semana Epidemiológica (SE) 53, Ecuador año 2020. https://www.salud.gob.ec/wp-content/uploads/2021/01/Vectores-SE-53.pdf*

Ministerio de Salud Pública. (2021). *Subsecretaria de vigilancia, prevención y control de la salud dirección nacional de vigilancia epidemiológica enfermedades transmitidas por vectores Gaceta correspondiente a la Semana Epidemiológica (SE) 52, Ecuador año 2021. https://www.salud.gob.ec/wp-content/uploads/2022/01/GACETA-GENERAL-VECTORIALES-SE-52.pdf*

Ministerio de Salud Pública. (2022). *Subsecretaria de vigilancia, prevención y control de la salud dirección nacional de vigilancia epidemiológica enfermedades transmitidas por*

vectores Gaceta correspondiente a la Semana Epidemiológica (SE) 52, Ecuador año 2022. https://www.salud.gob.ec/wp-content/uploads/2023/01/VECTORIALES-SE-52.pdf

Ministerio de Salud Pública. (2023). *Subsecretaria de vigilancia, prevención y control de la salud dirección nacional de vigilancia epidemiológica enfermedades transmitidas por vectores Gaceta correspondiente a la Semana Epidemiológica (SE) 52, Ecuador año 2023. https://www.salud.gob.ec/wp-content/uploads/2024/02/Gaceta-de-Vectoriales-SE-52.pdf*

Ministerio de Salud Pública. (2024). *Subsecretaria de vigilancia, prevención y control de la salud dirección nacional de vigilancia epidemiológica enfermedades transmitidas por vectores Gaceta correspondiente a la Semana Epidemiológica (SE) 52, Ecuador año 2024. https://www.salud.gob.ec/wp-content/uploads/2025/01/Eventos-VECTORES-DNVE-SE-52.pdf*

Ministerio de Salud Pública. (2025). *Subsecretaria de vigilancia, prevención y control de la salud dirección nacional de vigilancia epidemiológica enfermedades transmitidas por vectores Gaceta correspondiente a la Semana Epidemiológica (SE) 53, Ecuador año 2025 (corte 03/01/2026) https://www.salud.gob.ec/wp-content/uploads/2026/01/Enfermedades-Trasmitidas-por-Vectores-DNVE-SE-53.pdf*

Ministerio de Salud Pública. (2026). *Subsecretaria de vigilancia, prevención y control de la salud dirección nacional de vigilancia epidemiológica enfermedades transmitidas por vectores Gaceta correspondiente a la Semana Epidemiológica (SE) 21, Ecuador año 2026 (corte 30/05/2026)* https://www.salud.gob.ec/wp-content/uploads/2026/06/ETV_Gaceta_21.pdf

Monath, T. P. (1994). Dengue: The risk to developed and developing countries. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *91*(7), 2395–2400. https://doi.org/10.1073/PNAS.91.7.2395;PAGE:STRING:ARTICLE/CHAPTER

Nanaware, N., Banerjee, A., Bagchi, S. M., Bagchi, P., & Mukherjee, A. (2021). Dengue Virus Infection: A Tale of Viral Exploitations and Host Responses. *Viruses*, *13*(10). https://doi.org/10.3390/V13101967

Ortega-López, L. D., Betancourth, M. P., León, R., Kohl, A., & Ferguson, H. M. (2024). Behaviour and distribution of *Aedes aegypti* mosquitoes and their relation to dengue incidence in two transmission hotspots in coastal Ecuador. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, *18*(4), e0010932. https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PNTD.0010932

Pourzangiabadi, M., Najafi, H., Fallah, A., Goudarzi, A., & Pouladi, I. (2025). Dengue virus: Etiology, epidemiology, pathobiology, and developments in diagnosis and control – A comprehensive review. *Infection, Genetics and Evolution*, *127*, 105710. https://doi.org/10.1016/J.MEEGID.2024.105710

Powell, J. R., Gloria-Soria, A., & Kotsakiozi, P. (2018). Recent History of *Aedes aegypti*: Vector Genomics and Epidemiology Records. *Bioscience*, *68*(11), 854. https://doi.org/10.1093/BIOSCI/BIY119

Powell, J. R., & Tabachnick, W. J. (2013). History of domestication and spread of *Aedes aegypti* - A Review. *Memórias Do Instituto Oswaldo Cruz*, *108*, 11–17. https://doi.org/10.1590/0074-0276130395

Quintero, J., Brochero, H., Manrique-Saide, P., Barrera-Pérez, M., Basso, C., Romero, S., Caprara, A., De Lima Cunha, J. C., Beltrán - Ayala, E., Mitchell-Foster, K., Kroeger, A., Sommerfeld, J., & Petzold, M. (2014). Ecological, biological and social dimensions of dengue vector breeding in five urban settings of Latin America: a multi-country study. *BMC Infectious Diseases*, *14*(1). https://doi.org/10.1186/1471-2334-14-38

Reinhold, J. M., Lazzari, C. R., & Lahondère, C. (2018). Effects of the Environmental Temperature on *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* Mosquitoes: A Review. *Insects 2018, Vol. 9, Page 158*, *9*(4), 158. https://doi.org/10.3390/INSECTS9040158

Rezende, G. L., Martins, A. J., Gentile, C., Farnesi, L. C., Pelajo-Machado, M., Peixoto, A. A., & Valle, D. (2008). Embryonic desiccation resistance in *Aedes aegypti*: presumptive role of the chitinized Serosal Cuticle. *BMC Developmental Biology*, *8*, 82. https://doi.org/10.1186/1471-213X-8-82

Rosen, L. (1986). Dengue in Greece in 1927 and 1928 and the Pathogenesis of Dengue Hemorrhagic Fever: New Data and a Different Conclusion. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, *35*(3), 642–653. https://doi.org/10.4269/AJTMH.1986.35.642

Ryan, S. J., Mundis, S. J., Aguirre, A., Lippi, C. A., Beltrán, E., Heras, F., Sanchez, V., Borbor-Cordova, M. J., Sippy, R., Stewart-Ibarra, A. M., & Neira, M. (2019). Seasonal and geographic variation in insecticide resistance in *Aedes aegypti* in southern Ecuador. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, *13*(6). https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PNTD.0007448

Serrano, E., Palacios, R., Córdova, T., Jiménez, M., & Martínez, F. (2025). Efecto de los factores climáticos en la propagación del dengue, zika y chikunguña, transmitidas por el mosquito *Aedes spp*. en Sudamérica: una revisión sistemática. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, *9*(1), 4972–5018. https://doi.org/10.37811/CL_RCM.V9I1.16197

Sim, S., Ramirez, J. L., & Dimopoulos, G. (2012). Dengue Virus Infection of the *Aedes aegypti* Salivary Gland and Chemosensory Apparatus Induces Genes that Modulate Infection and Blood-Feeding Behavior. *PLOS Pathogens*, *8*(3), e1002631. https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PPAT.1002631

Sippy, R., Herrera, D., Gaus, D., Gangnon, R. E., Patz, J. A., & Osorio, J. E. (2019). Seasonal patterns of dengue fever in rural Ecuador: 2009-2016. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, *13*(5), e0007360. https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PNTD.0007360

Snyder, J. E., Jose, J., & Kuhn, R. J. (2014). The *Togaviridae* and the *Flaviviridae*. In *Reference Module in Biomedical Sciences*. Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801238-3.00085-4

Stewart-Ibarra, A. M. (2012). A socio-ecological analysis of vulnerability to dengue fever in southern coastal ecuador. https://experts.esf.edu/esploro/outputs/doctoral/A-SOCIO-ECOLOGICAL-ANALYSIS-OF-VULNERABILITY-TO/99872913904826

Stewart-Ibarra, A. M., & Lowe, R. (2013). Climate and non-climate drivers of dengue epidemics in southern coastal ecuador. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, *88*(5), 971–981. https://doi.org/10.4269/AJTMH.12-0478

Stewart-Ibarra, A. M., Ryan, S. J., Beltrán, E., Mejía, R., Silva, M., & Muñoz, Á. (2013). Dengue Vector Dynamics (*Aedes aegypti*) Influenced by Climate and Social Factors in Ecuador: Implications for Targeted Control. *PLoS ONE*, *8*(11), e78263. https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0078263

Uno, N., & Ross, T. M. (2018). Dengue virus and the host innate immune response. *Emerging Microbes & Infections*, *7*(1). https://doi.org/10.1038/S41426-018-0168-0

Winskill, P., Carvalho, D. O., Capurro, M. L., Alphey, L., Donnelly, C. A., & McKemey, A. R. (2015). Dispersal of Engineered Male *Aedes aegypti* Mosquitoes. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, *9*(11), e0004156. https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PNTD.0004156

World Health Organization. (2024, May 30). *Dengue - Global situation*. https://www.who.int/emergencies/disease-outbreak-news/item/2024-DON518

Zúñiga, E. (2024). Epidemiological review of Dengue in Ecuador, its main findings and impact on public health. *Multidisciplinar (Montevideo), ISSN-e 3046-4064, Vol. 2, Nº. 0, 2024 (Ejemplar Dedicado a: Multidisciplinar (Montevideo))*, *2*(0), 203. https://doi.org/10.62486/agmu2024203

9. FIGURAS

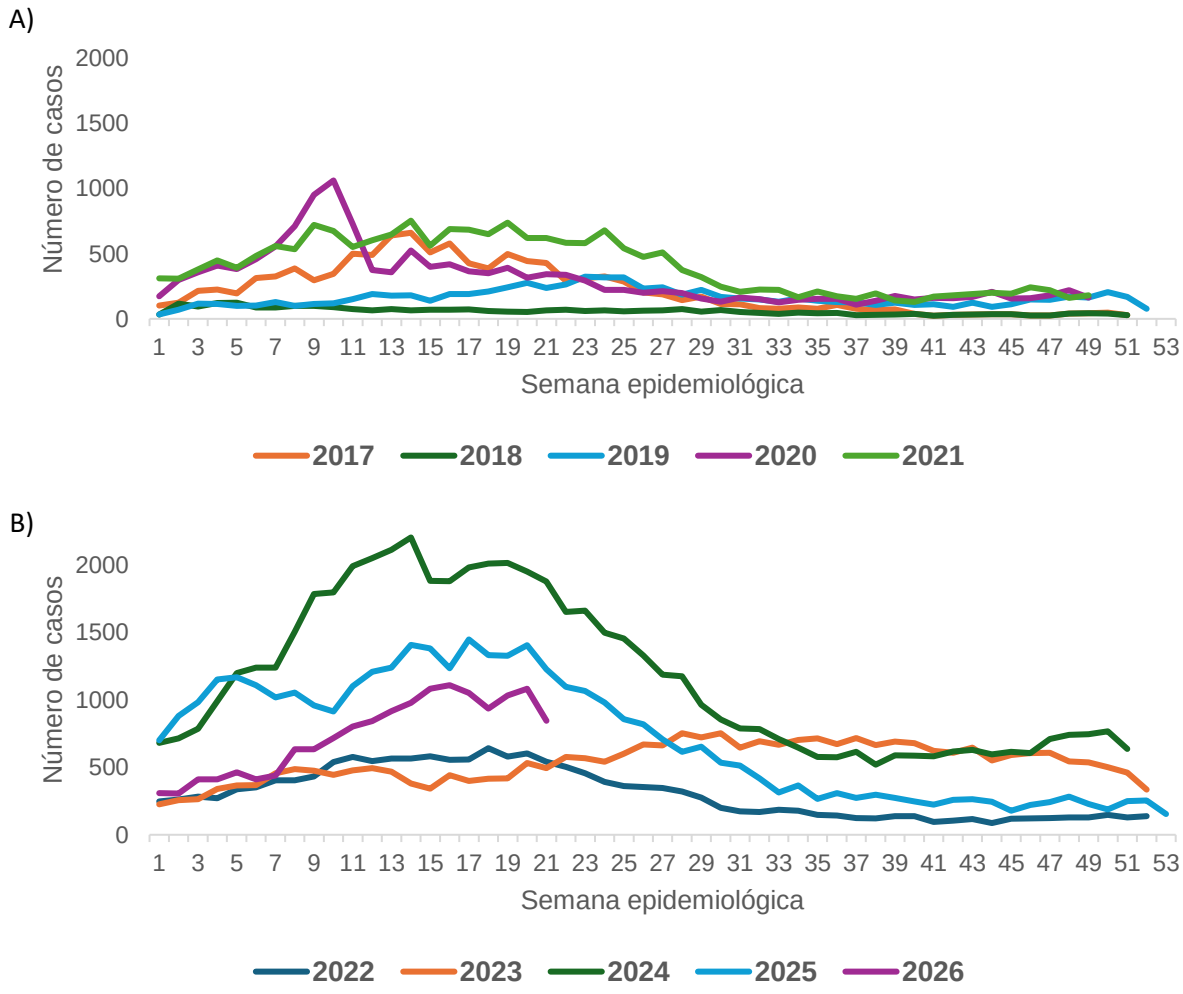


Figura 1. Evolución temporal de los casos de dengue en Ecuador por semana epidemiológica (2017-2026). El panel superior (A) corresponde al periodo 2017-2021 y el panel inferior (B) al periodo 2022-2026. Se estandarizó la escala del eje vertical en ambos gráficos para evidenciar de manera transparente cómo la curva de casos del año 2024 rompió el comportamiento histórico. Los datos de 2026 incluyen registros hasta la semana epidemiológica 21.
Adaptado de Gacetas epidemiológicas vectoriales, Ministerio de Salud Pública.

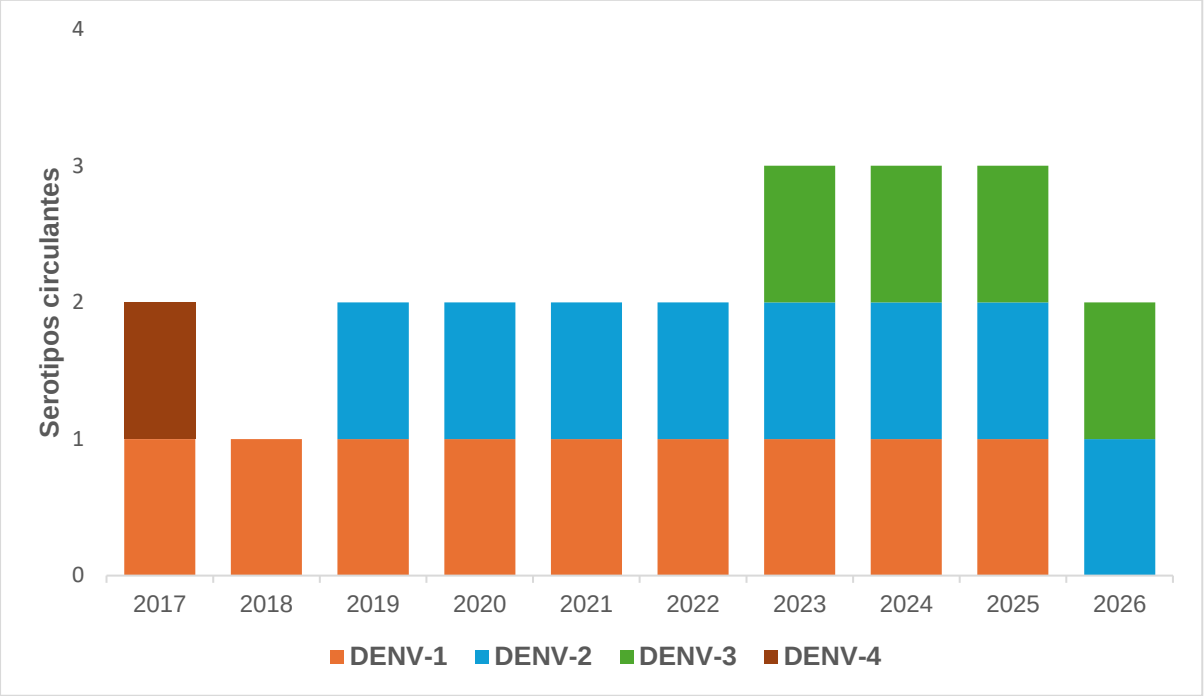


Figura 2. Dinámica de circulación de los serotipos del virus del dengue (DENV) en el Ecuador (2017-2026). La altura de las barras representa la cantidad total de serotipos distintos reportados durante cada año. Los datos del año 2026 corresponden a información hasta la semana epidemiológica 21.
Elaborado a partir de datos de Gacetas epidemiológicas vectoriales, Ministerio de Salud Pública.

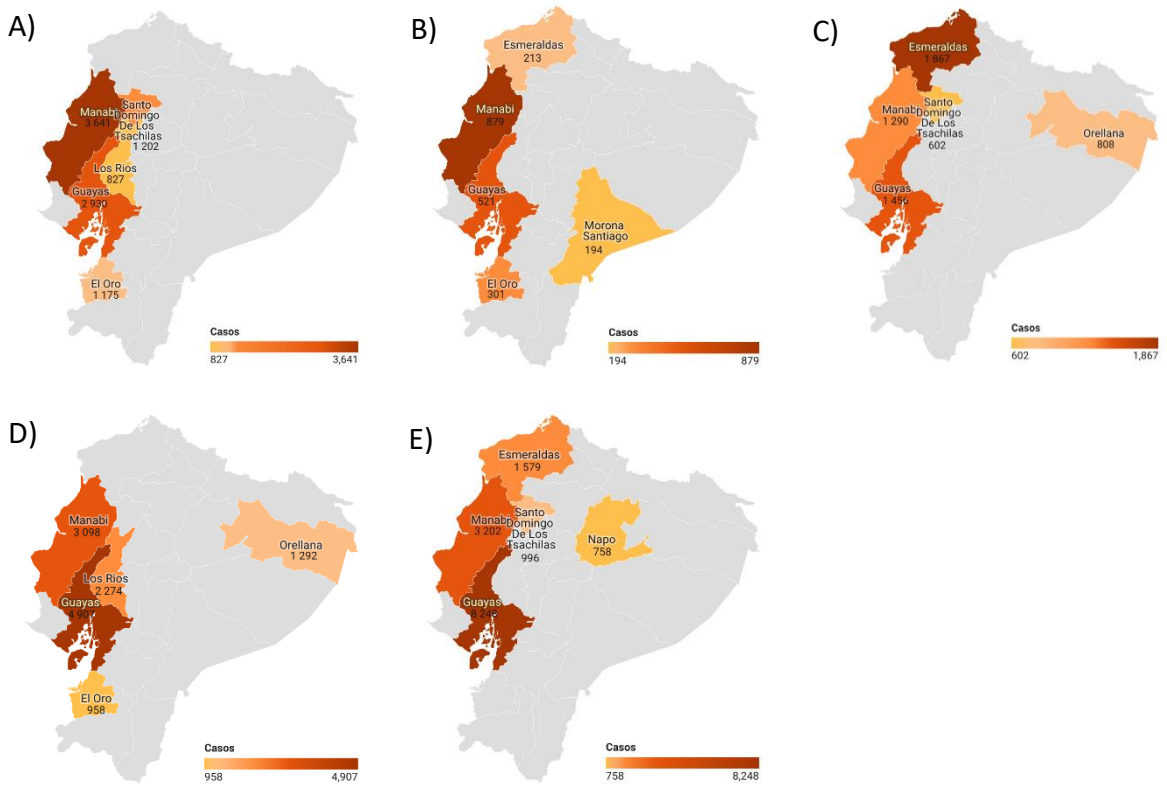


Figura 3. Distribución geográfica de los casos de dengue por provincia en Ecuador (2017-2021). Panel espacial que ilustra la distribución de la enfermedad, destacando las cinco provincias con mayor número de casos de dengue reportados anualmente. La secuencia temporal se distribuye de la siguiente manera: A) 2017, B) 2018, C) 2019, D) 2020 y E) 2021. La intensidad del color en la escala inferior refleja la magnitud de los casos.
Mapa generado mediante la herramienta Datawrapper, elaborado a partir de datos de las Gacetas epidemiológicas vectoriales, Ministerio de Salud Pública.

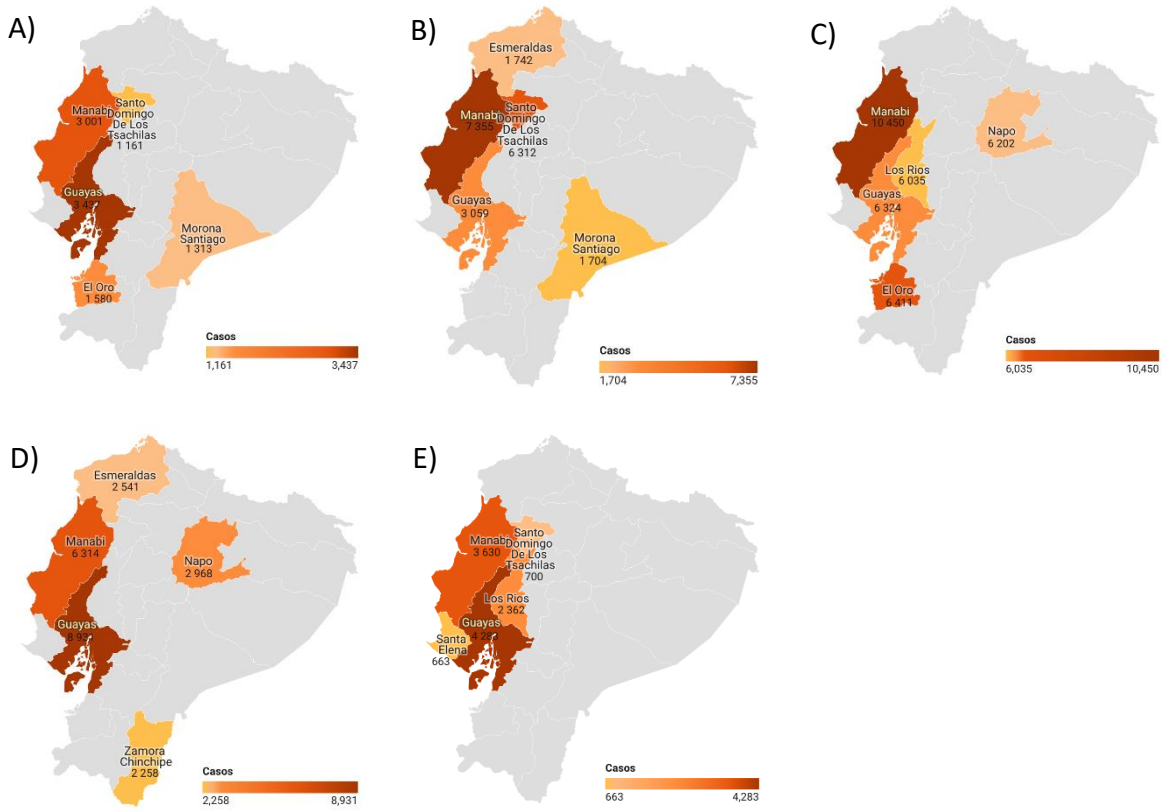


Figura 4. Distribución geográfica de los casos de dengue por provincia en Ecuador (2022-2026). Panel espacial que ilustra la distribución de la enfermedad, destacando las cinco provincias con mayor número de casos de dengue reportados anualmente. La secuencia temporal se distribuye de la siguiente manera: A) 2022, B) 2023, C) 2024, D) 2025 y E) 2026. Los datos del año 2026 corresponden a información hasta la semana epidemiológica 21. La intensidad del color en la escala inferior refleja la magnitud de los casos.
Mapa generado mediante la herramienta Datawrapper, elaborado a partir de datos de las Gacetas epidemiológicas vectoriales, Ministerio de Salud Pública.

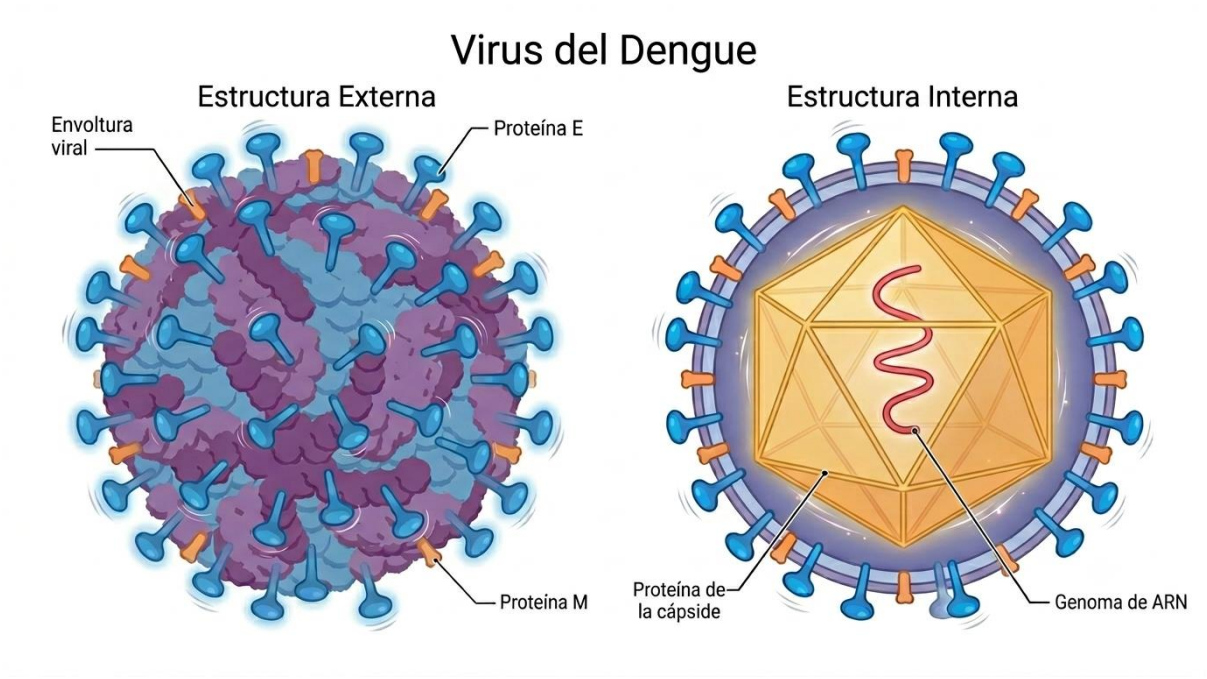


Figura 5. Estructura del virión del virus del dengue (DENV). Representación gráfica de la estructura externa (envoltura viral, proteína E y proteína M) y la estructura interna (Proteína de la cápside y genoma de ARN).
Imagen generada con la herramienta de inteligencia artificial (FigureLabs).

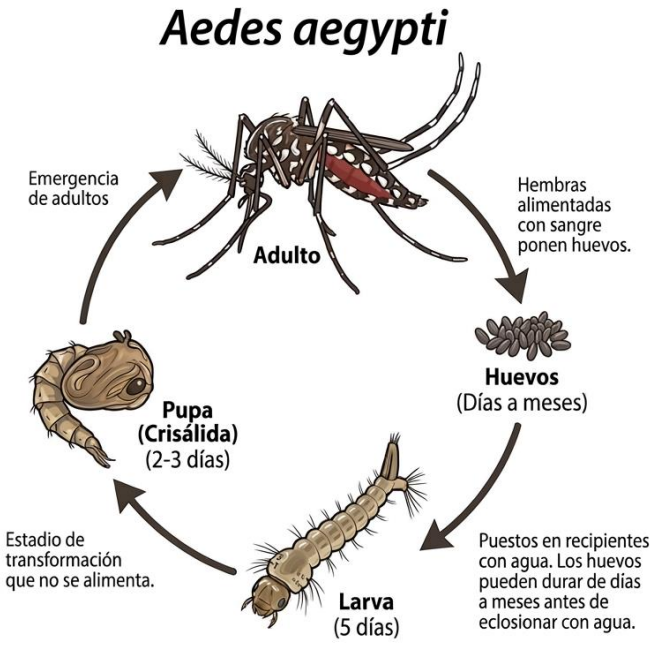


Figura 6. Ciclo de vida del mosquito *Aedes aegypti*. Fases de desarrollo del vector transmisor, abarcando los estadios acuáticos (huevo, larva, pupa) y el estadio aéreo (adulto).
Imagen generada con la herramienta de inteligencia artificial (Gemini) y adaptado de Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC). https://www.cdc.gov/mosquitoes/es/about-mosquito-bites/ciclo-de-vida-de-los-mosquitos-aedes.html

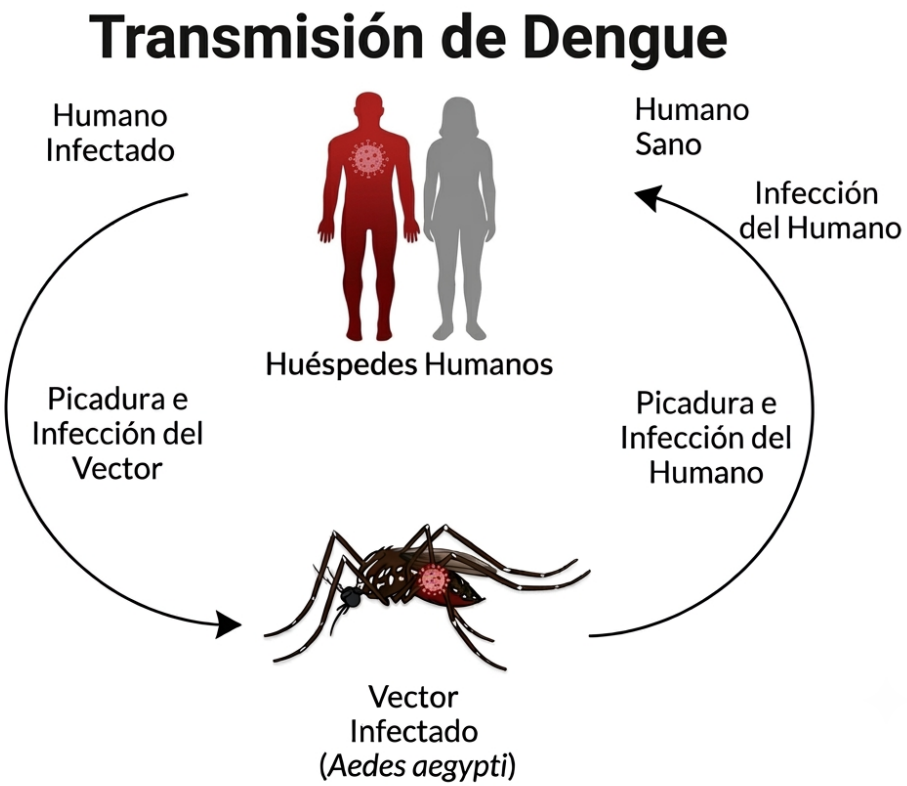


Figura 7. Ciclo de transmisión epidemiológica del virus del dengue. Dinámica de infección horizontal entre el vector biológico (*Aedes aegypti*) y su huésped humano.
Imagen generada y modificada mediante inteligencia artificial (Gemini).

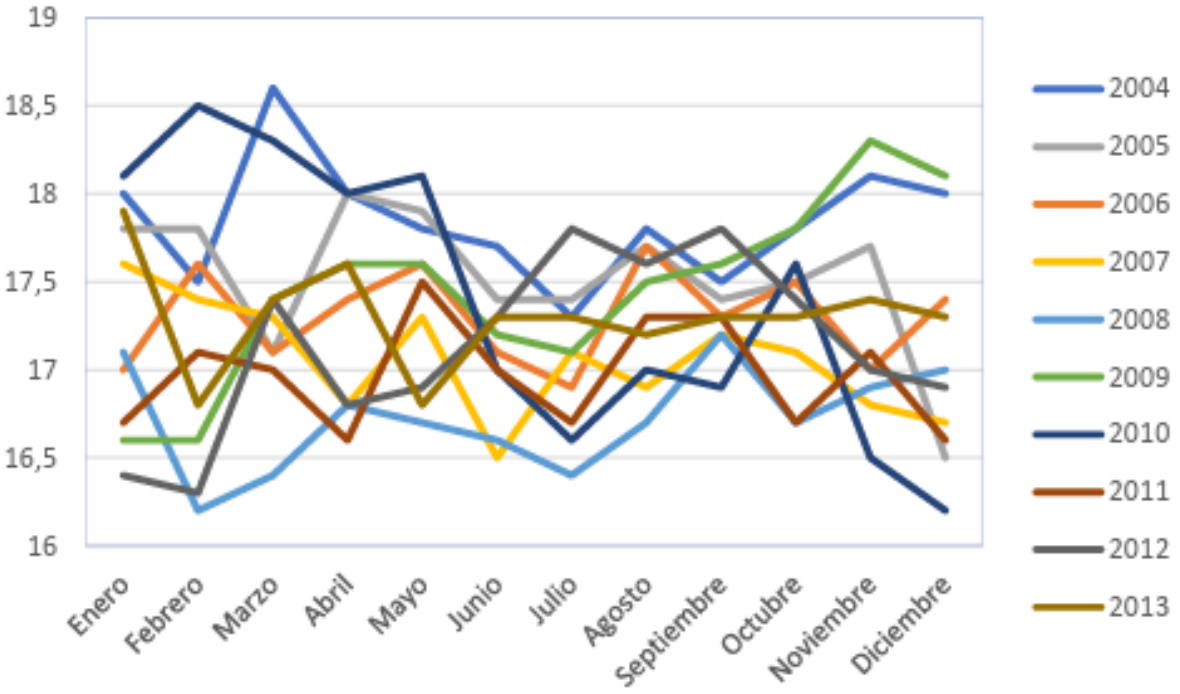


Figura 8. Serie histórica del promedio de temperatura en Ecuador (datos disponibles 2004-2013). El gráfico muestra el comportamiento histórico de la temperatura. Es importante señalar que, aunque el documento fuente fue emitido en 2019, la base de datos oficial pública concluye en el año 2013, representando un vacío de información para los años epidémicos recientes.
Tomado de Ecuambiente Consulting Group (2019), a partir de datos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI).

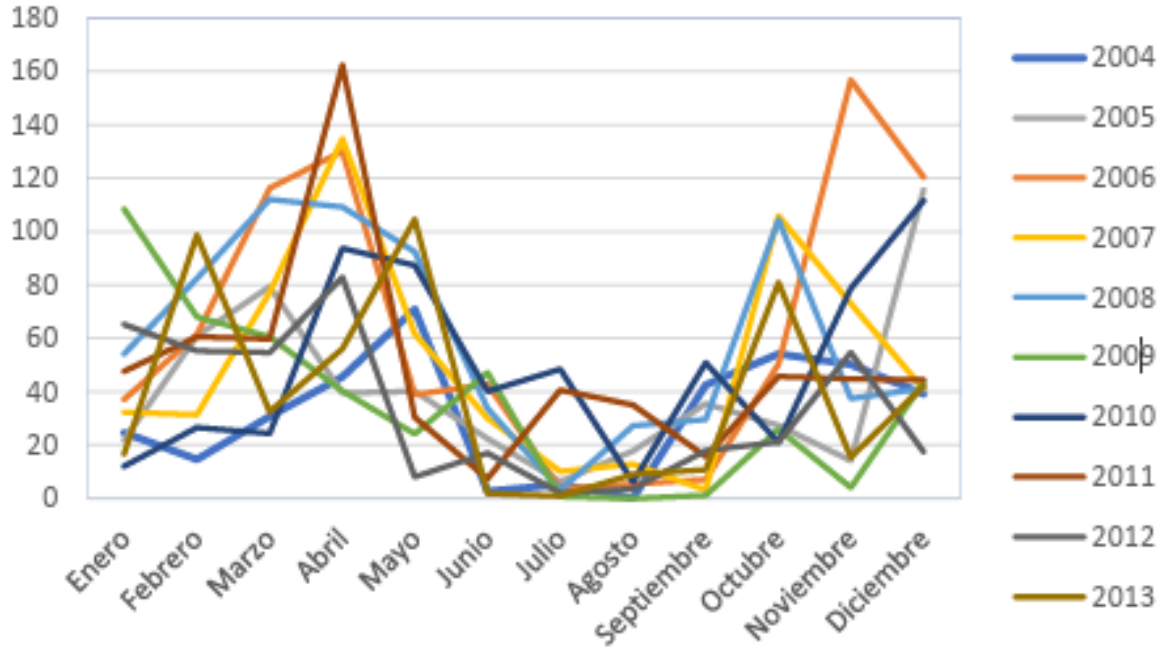


Figura 9. Serie histórica de precipitaciones mensuales en Ecuador (datos disponibles 2004-2013). El gráfico evidencia los niveles de precipitación históricos. Es necesario señalar que, aunque el documento fuente fue emitido en 2019, la base de datos oficial pública concluye en el año 2013, representando un vacío de información para los años epidémicos recientes.
Tomado de Ecuambiente Consulting Group (2019), a partir de datos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI).

10. TABLAS

Tabla 1. Número de casos de dengue según su clasificación clínica de gravedad, Ecuador (2017-2026).

Año	DSSA	DCSA	DG	Total
2017	11 157	212	18	11 387
2018	2 950	116	6	3 072
2019	6 660	1 718	38	8 416
2020	14 384	2 135	51	16 570
2021	18 150	2 363	79	20 592
2022	14 133	1 775	109	16 017
2023	24 089	3 637	112	27 838
2024	52 043	8 979	307	61 329
2025	32 405	5 068	367	37 840
2026	13 162	2 125	130	15 417

DSSA = Dengue sin signos de alarma; DCSA = Dengue con signos de alarma; DG = Dengue grave. Los datos correspondientes al año 2026 incluyen registros hasta la semana epidemiológica 21.
Fuente: Gacetas epidemiológicas vectoriales, Ministerio de Salud Pública.