



Vulnerabilidad de los municipios de Colombia para trasmisión de arbovirosis por los mosquitos del género Aedes

Comprender para actuar en el marco del PDSP 2022-2031

Ministerio de Salud y Protección Social
Dirección de Epidemiología y Demografía
Noviembre, 2025



GUILLERMO ALFONSO JARAMILLO MARTÍNEZ
Ministro de Salud y Protección Social

JAIME HERNÁN URREGO RODRÍGUEZ
Viceministro de Salud Pública y Prestación de Servicios

LUIS ALBERTO MARTÍNEZ SALDARRIAGA
Viceministerio de Protección Social

RODOLFO ENRIQUE SALAS FIGUEROA
Secretario General

CLARA MERCEDES SUÁREZ RODRIGUEZ
Directora de Epidemiología y Demografía



Equipo Técnico

Andrea Johanna Avella Tolosa
Coordinadora Grupo de Planeación de Salud Pública

Elaborado por:
Erika León Guzmán
Patricia Rozo Lesmes
Nubia Nohemi Hortua Mora
Diana Lucumi Aragón
Aley Bricelyn Montenegro

Tabla de contenido

Índice de figuras	5
Índice de tablas.....	5
Abreviaturas y siglas	6
Introducción	7
1. Marco teórico.....	8
1.1 Vectores transmisores de arbovirosis.....	8
1.2 Determinantes de las Enfermedades Trasmitidas por Vectores	15
1.3 Vulnerabilidad: más allá del riesgo.....	24
2. Objetivos.....	27
2.1 Objetivo General.....	27
2.2 Objetivos específicos	27
3. Metodología	28
4. Resultados	31
5. Discusión.....	42
6. Recomendaciones.....	47
7. Anexos	50

Índice de figuras

Figura 1.Ciclo de desarrollo de Ae. Aegypti.....	16
Figura 2.Modelo PAR adaptado a emergencias sanitarias	26
Figura 3. Círculo de correlaciones de las variables.....	33
Figura 4. Contribución de las variables a las 5 dimensiones	34
Figura 5.Biplot de las variables considerando los municipios de Colombia.....	35
Figura 6.Análisis de Conglomerados de los municipios colombianos por las variables analizadas	36
Figura 7.Mapa de categorías del Índice Sintético de Vulnerabilidad al mosquito Aedes (ISVA) por municipio	38

Índice de tablas

Tabla 1. Indicadores simples según unidades y fuente	29
Tabla 2. Estadísticas simples de las variables	31
Tabla 3. Valores propios y varianza por dimensión.....	32
Tabla 4.Características Índice Sintético de Vulnerabilidad al mosquito Aedes (ISVA).....	37
Tabla 5.Número de municipios según categoría del Índice Sintético de Vulnerabilidad al mosquito Aedes (ISVA) para transmisión de arbovirosis por departamento	39
Tabla 6.Cincuenta municipios con mayor vulnerabilidad a transmisión por arbovirosis según Índice Sintético de Vulnerabilidad al mosquito Aedes (ISVA)	40

Abreviaturas y siglas

ACP	Análisis de Componentes Principales
AF	Análisis Factorial
ASIS	Análisis de Situación de Salud
ADE	Potenciación dependiente de Anticuerpos
DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadística
ENSO	El Niño-Oscilación del Sur
ETV	Enfermedades Transmitidas por Vectores
IGAC	Instituto Geográfico Agustín Codazzi
IIV	Índice de Infestación de Vivienda
INS	Instituto Nacional de Salud
ISVA	Índice Sintético de Vulnerabilidad al mosquito Aedes
IDEAM	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
Msnm	Metros sobre el nivel del mar
NASA	Administración Nacional Aeronáutica y del Espacio
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico
OMS	Organización Mundial de la Salud
OPS	Organización Panamericana de la Salud
PAR	Presión y liberación (modelo de vulnerabilidad)
R	Riesgo
SIVIGILA	Sistema de Vigilancia en Salud Pública
WASH	Agua, saneamiento e Higiene

Introducción

Los virus transmitidos por artrópodos denominados arbovirus, como el dengue, la fiebre amarilla, el chikungunya y el zika, representan actualmente una gran amenaza para la salud pública de los países tropicales y subtropicales. En Colombia estos arbovirus son transmitidos por los mosquitos del género *Aedes* (1), cuya frecuencia de casos ha aumentado en años recientes, debido a la coyuntura de factores ecológicos, económicos y sociales. Además, considerando el aumento del calentamiento global observado en los últimos años, se ha establecido que esto puede influir en la ocurrencia de eventos naturales catastróficos, contribuyendo a brotes de arbovirus en áreas endémicas y nuevas regiones (2).

Dada la problemática antes mencionada, recientemente han nacido fuerzas globales como “*La Iniciativa Mundial contra los Arbovirus*” lanzada el 31 de marzo de 2022, del Programa de Emergencias Sanitarias de la Organización Mundial de la Salud(OMS), con la cual se busca proporcionar un marco para los objetivos y las actividades prioritarias destinadas a abordar los arbovirus emergentes y reemergentes con potencial epidémico y pandémico, centrándose en la vigilancia del riesgo, la prevención, la preparación, la detección y la respuesta ante pandemias, y la creación de una coalición de socios(3). Adicionalmente la OMS insta a invertir en acciones de “*Una sola salud*” para prevenir y hacer frente juntos a las amenazas comunes que afectan la salud y el bienestar de los seres humanos, los animales, las plantas y el medio (4).

Es así como se hace necesario plantear nuevos acercamientos, metodologías y estrategias enfocados a la prevención y no solo al riesgo, tal como el concepto de vulnerabilidad, desde las áreas ambientales para la preparación frente a posibles catástrofes. Este documento inicia con la revisión teórica de factores relacionados según la evidencia con la transmisión de arbovirus, seguida por la descripción en la propuesta de un Indicador Sintético de vulnerabilidad de los municipios de Colombia para dicha transmisión, así como un análisis exploratorio adicional dentro de los insumos para la toma de decisiones en salud pública.

1. Marco teórico

Las Enfermedades Transmitidas por Vectores (ETV) constituyen un problema de salud pública global en particular, en Colombia, donde las condiciones climáticas, socioeconómicas y ambientales favorecen la proliferación de los vectores responsables. El dengue, el zika y el Chikunguña transmitidos por mosquitos del género *Aedes*, se han convertido en enfermedades endémicas con episodios epidémicos que afectan significativamente la morbilidad y la mortalidad en el país, representando un reto persistente para la salud pública (5,6). Estas enfermedades, causadas por virus transmitidos principalmente por los mosquitos *Aedes aegypti* y *Aedes albopictus*, han mostrado una tendencia ascendente en las últimas décadas, afectando principalmente a poblaciones urbanas y periurbanas. La interacción de factores ecológicos, sociales y ambientales ha facilitado su propagación y persistencia en diversas regiones del mundo. (7).

1.1 Vectores transmisores de arbovirosis

Las hembras de los mosquitos del género *Aedes* son vectores de enfermedades que tienen implicaciones en la salud pública a nivel mundial (8). En Colombia, el vector principal del dengue es *Aedes (Stegomyia) aegypti* (*Linnaeus*, 1792) este fue Introducido desde África, ingresó a Colombia por el puerto de Cartagena, cuando se inició la navegación a través del río Magdalena y desde allí se dispersó por el resto del país adquiriendo hábitos domésticos(9) y *Aedes (Stegomyia) albopictus*, un mosquito de origen asiático, que se reportó por primera vez en 1998 y hasta el año 2025 se ha registrado en 22 departamentos de Colombia, en zonas rurales y urbanas.(1,10). En sus regiones de origen, ambas especies son vectores primarios de enfermedades con implicaciones para la salud pública mundial, como la fiebre amarilla, el dengue, la chikunguña y el zika(1,11). Ambas especies se distribuyen en el continente americano, donde *Ae. aegypti* tiene registros de alrededor de 300 años (12). Mientras, *Ae. albopictus* se ha registrado durante 40 años y tiene el potencial de ser un vector significativo en América(13). Esto está respaldado por los hallazgos de poblaciones de *Ae. albopictus* infectadas con Dengue y Zika(10,11).

Además, se ha reportado que *Ae. albopictus* ha sido infectado con estos arbovirus durante brotes en México y Brasil(12,13). A la luz de los conocimientos actuales la enseñanza tradicional de que el *Ae. aegypti* es un mosquito que desarrolla sus criaderos únicamente en aguas limpias, parece no ajustarse a la realidad y si bien las aguas almacenadas denominadas “limpias” son parte principal de su hábitat, también se han encontrado formas viables en aguas turbias estancadas (14)

Dengue

El dengue es la arbovirosis más importante a nivel global, se estima que casi la mitad de la población mundial, (5.660 millones de personas) viven en áreas que presentan riesgo para adquirir la enfermedad (15,16), entre las causas más relevantes de su presencia, se destacan el calentamiento global, las migraciones, el hacinamiento, el crecimiento demográfico, la urbanización descontrolada, el deterioro de los sistemas de servicios de salud y la deficiente provisión y almacenamiento del agua, así como la falta de políticas preventivas de salud pública(14)

Es dengue es una enfermedad viral transmitida por mosquitos del género *Aedes* causado por cuatro serotipos virales (DEN-1, DEN-2, DEN-3 y DEN-4) del virus del dengue (Flavivirus). La infección puede variar desde una forma asintomática o leve hasta dengue grave, caracterizado por hemorragias, choque y muerte. Es una enfermedad endémica con brotes epidémicos frecuentes, especialmente durante la temporada de lluvias y en áreas urbanas y periurbanas; ha tenido un crecimiento significativo desde su reaparición en la región de las Américas en la década de 1970 (9).

Según la Organización Panamericana de la Salud (OPS), el número de casos de dengue ha aumentado más de 19 veces en el área endémica del continente americano infestada por *Aedes aegypti*, donde cerca de 500 millones de personas se encuentran en riesgo(9). En 2024, América Latina registró más de 12,6 millones de casos de dengue, triplicando el número del año anterior y marcando la epidemia más grande desde 1980(6).

En Colombia, se registraron más de 1.4 millones de casos entre 1990 y 2016, con una tendencia ascendente más pronunciada a partir de 2010, experimentando un aumento sostenido de casos de dengue en las últimas dos décadas (5). El comportamiento a nivel nacional es endemo-epidémico y cíclico trianual presentando epidemias en los años 2010, 2013, 2016, 2019 y 2024. Al igual que otros países de la región, Colombia, ha experimentado un aumento significativo en los casos de dengue, según datos del Instituto Nacional de Salud (INS), en 2023 se notificaron más de 52.000 casos, lo que representa un incremento del 71.5% en comparación con 2022(6).

La circulación simultánea de múltiples serotipos virales aumenta el riesgo de infecciones secundarias severas debido a la potenciación dependiente de anticuerpos (ADE) (5). Se ha observado que los departamentos ubicados en la región Andina y en la Costa Caribe presentan la mayor carga de casos (6). La incidencia varía según el ciclo climático, especialmente durante eventos de El Niño y La Niña, que alteran las condiciones ambientales y la proliferación del vector (5). La circulación de una nueva variante del virus del dengue, denominada "Cosmopolitan", ha sido identificada en Colombia, específicamente en el Amazonas y el Meta. Esta variante podría estar asociada con un aumento en la transmisibilidad y gravedad de la enfermedad (17).

En Colombia el dengue está establecido como el evento trazador, entre las arbovirosis mencionadas, debido a su amplia distribución en el territorio nacional cuya estratificación está dada en 62 municipios de muy alta transmisión, 78 de alta transmisión y 424 de baja transmisión (según metodología de cálculo de población y estratificación del riesgo de arbovirosis) (18).

A nivel nacional es importante señalar que en las diferentes regiones geográficas endémicas del país el dengue varía según la altitud, para el 2010 se reportó que: En la Costa Atlántica, 187 (98 %) de sus municipios registran transmisión vectorial del dengue a menos de 500 m.s.n.m; en la Costa Pacífica, 54 (62 %) de los municipios registran transmisión por debajo de los 1.000 m.s.n.m. La región Centro-Oriente concentra el mayor

número de municipios endémicos en el país, 251. De éstos, 108 (43 %) registran transmisión por debajo de los 1.000 m.s.n.m. En la región Centro-Occidente, 35 (25 %) de los municipios presenta transmisión de la enfermedad entre los 0 y 1.000 m.s.n.m; 48 (79 %) de los municipios endémicos de la Orinoquia y 26 (93 %) de la Amazonia, presentan transmisión de dengue a menos de 500 m.s.n.m (19).

Según la Organización Panamericana de la Salud (OPS), los macro determinantes que están asociados al dengue son: latitud, altitud (< 2200 m.s.n.m), temperatura ambiental (15-40 grados centígrados), humedad (de moderada a alta), patrones de asentamiento (urbanización no planificada y densidad de asentamiento elevada), estado de viviendas (ventanas sin anjeo, canales de desagües de aguas lluvias, obstruidos por desechos, picos de botellas en la parte superior de paredes), aprovisionamiento de agua (agua almacenada no protegida en la casa por más de 7 días, ausencia de abastecimiento de agua corriente individual, disponibilidad intermitente y uso de depósitos o tanques destapados), recolección de desechos sólidos envases de almacenaje inadecuados, recolección inadecuada o inexistente, recipientes pequeños en desuso, llantas desechadas y otros elementos abandonados a cielo abierto; estado socio económico (pocos ingresos o insuficientes) y culturales (conductas de riesgo que favorecen la proliferación del mosquito, las complicaciones y mortalidad por dengue (20).

Zika

El virus del zika es un arbovirus del género flavivirus que es transmitido por la picadura de mosquitos del género *Aedes*, siendo el *Ae. aegypti* y el *Ae. albopictus* los vectores responsables del ciclo urbano, los cuales están distribuidos generalmente en regiones tropicales y subtropicales, sin embargo, en la última década tanto el zika como chikunguña se han propagado hasta Europa mediterránea y el sur de los Estados Unidos (16). Está documentada su transmisión sexual y vertical transplacentaria, así como por transfusión sanguínea y trasplante de órganos, asociado con malformaciones congénitas como la microcefalia en recién nacidos cuyas madres fueron infectadas durante el embarazo (21).

Aunque muchos casos son asintomáticos o leves, la preocupación por sus efectos en la salud pública es significativa (22).

Este virus se aisló por primera vez en 1947, los bosques de Zika en Uganda, posteriormente, entre los años 1968 a 1983 se expandió a Asia ecuatorial (India, Indonesia, Malasia y Pakistán), en donde el virus fue detectado en mosquitos y al igual que en África, se reportaron algunos casos esporádicos en humanos (23).

En las Américas el primer caso se presentó en el año 2014 en la Isla de Pascua en Chile; luego en mayo de 2015 en Brasil se presentaron 17.000 casos confirmados, en donde se presentaban un alto número de casos de malformaciones congénitas, lo que llevó a declaratoria de emergencia por parte de la Organización Panamericana de la Salud (OPS), en 2016 (23).

Por su parte, en Colombia, emergió en 2015-2016, causando un brote epidémico que generó preocupación mundial por sus complicaciones neurológicas y congénitas, como la microcefalia y el síndrome de Guillain-Barré; presentando el primer caso en Turbaco, departamento de Bolívar (24)

En Colombia, se han reportado más de 117.000 casos desde su aparición en 2015. Durante el pico epidémico, se reportaron más de 100.000 casos sospechosos en Colombia. La transmisión continúa de manera endémica, aunque con menor incidencia. La vigilancia es crítica para detectar casos, prevenir complicaciones y evitar la transmisión materno-fetal (21)

Desde el año 2017 se ha presentado una disminución progresiva en el número de casos de Zika en Colombia, en este año se reportaron 2131 casos, mientras que para el 2021 la cifra descendió a 69. De igual forma los casos confirmados por laboratorio también han disminuido pasando de 2,7% del total de casos en el 2017 a 1,3% de los casos en el 2020. Durante los años 2021 y 2022 no se registraron casos confirmados por laboratorio; sin embargo, en 2022 se notificaron 68 casos, lo que representa una reducción del 1,5% en

comparación con 2021 y una incidencia nacional de 0,19 casos por cada 100.000 habitantes en riesgo.

En 2023 se reportaron 60 casos, entre sospechosos y confirmados por criterios clínicos, lo que refleja una disminución del 12% frente a lo notificado en 2022. Los casos se concentraron en las regiones Andina, Caribe, Pacífica y Orinoquía. Las entidades territoriales que aportaron el 63% del total de los casos fueron Cali (14 casos), Cundinamarca (7), Antioquia y Valle del Cauca (6 cada una), y Bogotá (5). Los departamentos con mayor incidencia fueron Amazonas con 2,06 casos por cada 100.000 habitantes en riesgo, Cundinamarca con 0,77, Cali con 0,61, Santa Marta con 0,54 y Quindío con 0,31 casos por cada 100,000 habitantes en riesgo (25).

El síndrome congénito y el síndrome neurológico causados por el virus del Zika constituyen riesgos graves, en especial en las mujeres en edad fecunda, las embarazadas, y el feto o recién nacido; por lo tanto, la protección de las mujeres vulnerables de las picaduras de mosquitos debe ser una parte importante de los esfuerzos realizados para el control de los vectores(26).

Chikungunya

El Chikungunya es causado por un virus de la familia Togaviridae, género Alphavirus, transmitida por *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus*. Se caracteriza por fiebre alta, dolor articular severo y a veces síntomas prolongados que afectan la calidad de vida. Aunque rara vez es fatal, el dolor articular puede ser debilitante y persistente. Desde su introducción en 2014, Colombia reportó más de 774,000 casos hasta 2017 (5). A diferencia del dengue, la transmisión del Chikunguña suele presentar un pico epidémico que luego decrece, estableciéndose un patrón endémico. Los casos se concentran en zonas urbanas y rurales con presencia del vector.

El primer brote de esta enfermedad se reportó en el año 2012, pero, a partir del 2013 se comenzaron a confirmar casos en las Américas y el Caribe, posteriormente, entre los años

2014 a 2017 se presentó un brote donde se reportaron 2.5 millones de casos y 600 muertes(27)

Entre los años 2019 y 2021 se presentaron brotes en Tailandia y Myanmar con más de 27.000 casos en total (27,28), mientras que para el año 2023 se reportó un incremento de casos a nivel global, entre la semana epidemiológica 1 a la 52 se notificaron a nivel mundial 440.000 casos de la enfermedad y 350 muertes en 26 países y territorios de la región de las Américas (29). Durante este periodo el brote en América se concentró principalmente en Brasil y Paraguay mientras que en África se reportó un aumento de los casos llegando a reportar a octubre 483 casos distribuidos en diferentes países. (27)

En el año 2025 hasta el mes de junio se han notificado 220.000 casos y 80 muertes relacionadas a esta arbovirosis en América, África, y Asia en un total de 14 países. Para América estos casos se han concentrado en Brasil (141 436), Argentina (2521), Bolivia (605) y Perú (46) (30)

Los primeros casos confirmados por laboratorio de chikungunya en Colombia fueron reportados en septiembre de 2014 en zonas rurales del departamento de Bolívar, específicamente en los municipios de Mahates y San Juan Nepomuceno. Durante la epidemia entre 2014 y la semana epidemiológica 17 de 2015, se notificaron 314.636 casos, posteriormente el 24 de septiembre de 2015 el Ministerio de Salud y Protección Social declaró el fin de la epidemia (31).

Desde 2017, la notificación de casos ha mostrado una tendencia descendente. En 2017 se notificaron 974 casos, lo que representó una disminución del 94,8 % respecto a 2016. Para 2018 se notificaron 627 casos, y en 2021, solo 47. No obstante, en 2022 se notificaron 77 casos, reflejando un aumento del 63,8 % en comparación con 2021. La totalidad de los casos fueron confirmados por criterios clínicos. Las regiones Andina y Amazónica concentraron el mayor número de notificaciones, con incidencia destacada en Guaviare (25,34), Cali (0,61), Putumayo (0,59), Caquetá (0,48) y Boyacá (0,46) por cada 100.000 habitantes en riesgo (27).

En 2023 se notificaron 49 casos, lo que representa una reducción del 36,4 % respecto a 2022, manteniéndose en niveles similares a 2021. Los casos se concentraron en las regiones Andina, Caribe y Pacífica, particularmente en Tolima (9), Norte de Santander (8), Valle del Cauca (7), Antioquia (5) y Cali (4), representando el 67 % del total nacional. Las mayores incidencias se registraron en Amazonas (2,06), Boyacá (0,93), Tolima (0,73), Norte de Santander (0,64) y Buenaventura (0,63), todas por encima de la incidencia nacional (0,13 por cada 100.000 habitantes en riesgo (27).

1.2 Determinantes de las Enfermedades Trasmitidas por Vectores

La dinámica epidemiológica de las enfermedades Trasmitidas por Vectores-ETV está influenciada por múltiples factores que se encuentran interrelacionados, dentro de estos están los factores biológicos, sociales y demográficos, ambientales y climáticos.

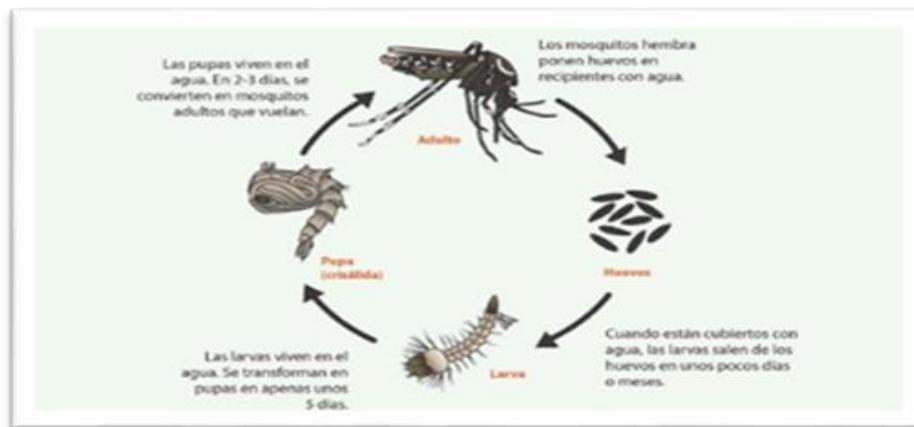
Factores biológicos

Dentro de los factores biológicos se encuentran:

- Adaptabilidad del Vector: El mosquito *Ae. aegypti* ha demostrado una alta capacidad de adaptación a diferentes ambientes, incluyendo áreas urbanas, lo que facilita su proliferación y la transmisión de enfermedades (5)
- Variabilidad Genética de los Patógenos: La circulación de diferentes serotipos y variantes genéticas del virus del dengue puede influir en la gravedad de las infecciones y en la eficacia de las estrategias de control (17), resistencia a insecticidas y variabilidad genética viral complican el control y aumentan la severidad de los brotes (7).
- Desarrollo del vector: *Ae. aegypti* se distribuye a nivel mundial en la franja tropical y subtropical, su amplia distribución se debe a la alta plasticidad ecológica, los patrones de alimentación oportunistas, y la versatilidad de uso de criaderos urbanos y naturales (32), en Colombia está distribuido en aproximadamente el 80% del territorio nacional, se presenta usualmente hasta los 2000 m.s.n.m aunque tiene reporte hasta una altura de 2302 m.s.n.m(33).

El *Aedes. aegypti* y *Ae. albopictus* son insectos holometábolos, es decir, su ciclo de desarrollo incluye los estadios de huevo¹, larva² y pupa³ para emerger como adultos⁴ (Figura 1). Este ciclo tiene una duración entre siete y doce días, está influenciado por factores ambientales como temperatura, humedad y precipitación, los cuales, afectan su tasa de crecimiento, supervivencia y capacidad de transmisión de patógenos. A mayor temperatura su ciclo se acelera generando la transmisión de enfermedades, mientras que, a temperaturas más bajas, su desarrollo se ve afectado negativamente interviniendo en su capacidad vectorial (34). Los estadios de huevo, larva y pupa son de fase acuática, estos se desarrollan en aguas estancadas limpias, empleando diferentes sitios de cría, mientras que el desarrollo de la fase adulta es terrestre. La actividad de picadura de estos mosquitos es diurna, con picos en la mañana (entre 6:00 a.m. a 8:00 a.m.) y en la tarde de (4:00 p.m. a 6:00 p.m), reposan en lugares oscuros de las viviendas, donde los picos de actividad son en horarios de actividad humana, de esta manera, representan el mayor riesgo de ser picados. (Pérez, 2018).

Figura 1.Ciclo de desarrollo de Ae. Aegypti



Fuente: <https://www.cdc.gov/mosquitoes/es/about-mosquito-bites/ciclo-de-vida-de-los-mosquitos-aedes.html>

¹ Son depositados por las hembras en superficies húmedas o con aguas limpias en las paredes de los recipientes y pueden durar hasta 8 meses secándose. Estos se adhieren a las paredes de las superficies y pueden ser depositados en recipientes con una pequeña cantidad de agua

² Las larvas eclosionan de los huevos, cuando estos tienen contacto con el agua, pasan por cuatro estadios y es la etapa del desarrollo donde el mosquito adquiere los nutrientes necesarios para su crecimiento

³ Es la fase de transición antes de convertirse en adulto.

⁴ Hembras y machos se pueden alimentar de néctares de las plantas, sin embargo, las hembras son hematófagas y antropofílicas, es decir se alimentan de sangre humana, aunque también se pueden alimentar de animales domésticos, debido a que de la sangre obtienen las proteínas y el hierro necesario para los huevos

Factores sociales y demográficos

Las enfermedades transmitidas por vectores son la causa de una notable carga de enfermedad y mortalidad, que afecta a las personas, familias y comunidades, en especial en países o zonas geográficas en los que se han documentado factores de riesgo sociales, económicos, ecológicos, y la población vive en condiciones de vulnerabilidad.

Factores socioeconómicos tales como las barreras a los servicios de salud, especialmente los dirigidos a la infancia, el saneamiento inadecuado y el suministro deficiente de agua sugieren un impacto favorable en la transmisión del dengue, el zika y chikunguña (35), dado que el *Ae. aegypti* es una especie altamente antropófila que vive dentro o cerca de viviendas humanas y se reproduce en recipientes de almacenamiento de agua domésticos.

Las poblaciones que viven en condiciones de vulnerabilidad, en especial las que habitan en asentamientos periurbanos, zonas rurales y muchas comunidades indígenas o de afrodescendientes, continúan insuficientemente atendidas en cuanto a los servicios de prevención y control de vectores y el acceso a los servicios de salud de cualquier tipo. La aparición y propagación de los arbovirus depende de la presencia y abundancia de los vectores, la cual está relacionada, a su vez, con diversos factores sociales, económicos, ambientales, y con el cambio climático. El hecho de que muchos de los organismos de salud y de las autoridades gubernamentales responsables en la región de las Américas, no han reconocido la magnitud del problema ni han dado seguimiento a las ETV (en especial en cuanto a las poblaciones que viven en condiciones de vulnerabilidad, las causas subyacentes, y la necesidad de prácticas de manejo integrado de vectores, medidas interprogramáticas e intersectoriales, políticas e inversiones para enfrentarlo) continúa planteando retos importantes (26). De tal forma, que la presencia de estas enfermedades contribuye al ausentismo escolar, aumento de la pobreza, costos sanitarios elevados y sistemas de salud sobrecargados, a la vez que reducen la productividad económica general.

La mala construcción de viviendas junto con la alta densidad de población y el saneamiento inadecuado con poco o ningún acceso a agua corriente limpia, son factores claves que promueven las poblaciones de *Ae. Aegypti*(36). Es así como, la urbanización tiene un impacto significativo en la transmisión del dengue, ya que crea condiciones favorables para la proliferación del mosquito *Ae. aegypti*, el principal vector de la enfermedad. El crecimiento urbano descontrolado, la urbanización rápida, especialmente en áreas tropicales y subtropicales, genera entornos con acumulación de agua estancada en recipientes como neumáticos, macetas y plásticos no biodegradables, que sirven como criaderos para los mosquitos. La falta de infraestructura adecuada, la ausencia de sistemas de agua potable confiables obliga a las personas a almacenar agua, lo que aumenta los criaderos de mosquitos.

El hacinamiento crítico, puede aumentar el riesgo de contraer enfermedades transmitidas por mosquitos como el dengue, ya que facilita la propagación de estos vectores. El *Ae. aegypti*, responsable de transmitir el dengue, se reproduce en aguas estancadas y busca sitios con sombra cerca de donde se alimenta de sangre humana, lo que puede verse exacerbado en condiciones de hacinamiento. La movilidad humana, la urbanización y el crecimiento de las ciudades están vinculados entonces a un aumento en la movilidad de las personas, lo que facilita la propagación del virus entre comunidades y regiones. En resumen, la urbanización, combinada con factores como la falta de planificación urbana y la infraestructura deficiente, crea un entorno ideal para la reproducción del mosquito y la transmisión del dengue (37).

La carga viral de estas enfermedades transmitidas por vectores puede verse agravada por la dinámica sociopolítica local, la crisis humanitaria ha provocado una gran migración de ciudadanos, lo que ha tenido un impacto significativo en la salud pública, especialmente en las enfermedades infecciosas y transmitidas por vectores (35). El desplazamiento forzado y la migración interna e internacional facilitan la propagación de los vectores y patógenos asociados, introduciendo nuevas áreas de riesgo y dificultando las acciones de control (7).

La epidemiología arboviral se complica aún más por las crisis humanitarias (por ejemplo, las crisis políticas y económicas, que provocan migraciones masivas y la pandemia de COVID-19, reforzó la urgencia de comprender la dinámica de estos problemas de salud mundial). Una comprensión contextual y práctica de los factores que impulsan la transmisión de enfermedades, considerando la dinámica local, tanto climática como socioeconómica, debería contribuir al diseño de programas más eficaces de control de mosquitos vectores (35).

De otro lado, el dengue tiene una asociación con factores socioeconómicos en el que la población más vulnerable socialmente tiene mayor riesgo de presentar algún episodio de la enfermedad, como factor de riesgo del dengue el abastecimiento de agua por pozo, río, lluvia, camión cisterna o hidrante. Varios estudios indican que el agua almacenada durante más de una semana, así como el uso de tanques y reservorios de agua son focos de proliferación del vector; sumado a sistemas de abastecimiento de agua escasos o con un servicio intermitente. La recolección de residuos es un factor protector para la aparición del dengue, debido a que las comunidades sin este servicio suelen acumular en sus patios los materiales inservibles como latas, botellas y llantas, los cuales pueden ser potenciales criaderos del vector. En un estudio multivariado, la recolección de residuos sólidos emergió como factor de riesgo y algunos estudios relacionan el dengue con la producción y mal manejo de los residuos más que por la cobertura de recolección (39)

Los mayores niveles de escolaridad promedio y de alfabetización representan un factor protector, es decir estos influyen en la conducta de prevención y control del dengue. Entre tanto, las malas condiciones de vivienda mostraron una tendencia de riesgo, específicamente la precariedad de paredes, techo y piso, estas condiciones de vida no son elección personal, por el contrario, forman parte del resultado de la distribución del dinero, el poder y los recursos; delimitadas en su mayoría por políticas globales, nacionales e incluso locales. Por tanto, no hablamos solamente de una distribución desigual donde se encuentra coincidencia entre las poblaciones más vulnerables socialmente y el dengue,

sino donde estas enfermedades “desatendidas”, para no decir olvidadas, forman parte de un sistema inequitativo que carece de justicia social y las cuales pueden ser evitables (38).

Un estudio concluye que la evidencia actual es insuficiente para afirmar que el dengue es una enfermedad de la pobreza. Además, destaca la necesidad de investigaciones futuras con medidas estandarizadas y un enfoque más amplio que considere factores como urbanización, cambio climático y movilidad humana. También advierte que las intervenciones centradas exclusivamente en comunidades pobres podrían ser ineficaces y sugiere un enfoque más inclusivo para combatir esta enfermedad (37).

La relación entre indicadores socioeconómicos y la fiebre amarilla es compleja, pero se evidencia que factores como el hacinamiento crítico, la pobreza, la falta de acceso a servicios básicos, la baja cobertura vacunal, la migración y la informalidad laboral pueden aumentar el riesgo de transmisión y propagación de la enfermedad. La fiebre amarilla, aunque históricamente se ha mantenido en zonas selváticas, ha comenzado a expandirse hacia regiones no endémicas, lo que genera mayor alerta epidemiológica (38)

En este sentido, el entorno socioeconómico que acompaña a las enfermedades infecciosas es motivo de gran interés y estudio, donde muchos analistas han planteado la relación del surgimiento de estas patologías por la acción del hombre más que por los comportamientos de los microrganismos (37)

Factores ambientales y climáticos

Los efectos del cambio climático se dan a nivel global y van intensificándose principalmente debido a las emisiones de gases de efecto invernadero que se derivan de la quema de combustibles fósiles, dado lo anterior se prevé un calentamiento entre 2.5 grados centígrados y 2.9 grados centígrados o más para finales de este siglo (40).

Dentro de las implicaciones que tiene el cambio climático se encuentra la influencia en las enfermedades transmitidas por vectores, en cuanto a sus efectos sobre los patógenos, los vectores y los huéspedes, los cuales son altamente sensibles a los diversos entornos que habitan, evidenciado en el aumento de las tasas de trasmisión en determinados lugares, lo cual frecuentemente se asocia con cambios concomitantes en el clima local (41).

De igual manera, la temperatura, humedad y precipitación afectan el ciclo biológico del mosquito vector y la replicación viral; el cambio climático afecta el tiempo de vida del zancudo, la alimentación de la hembra, la distribución geográfica, la distancia de vuelo, el ciclo de vida del virus, etcétera; por lo tanto, es importante conocer las condiciones climáticas que favorecen o no la presencia de este vector en el país y conocer los posibles escenarios futuros que este cambio climático puede ejercer y así prevenir brotes o epidemias de estas enfermedades(42)

La expansión hacia el norte de *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus* hasta el momento se explica mejor por los patrones de movimiento humano dentro de regiones en las que las condiciones climáticas son adecuadas para la expansión geográfica; sin embargo, para 2030, se prevé que la causa dominante de la expansión de estos vectores sea el cambio climático (43).

La incidencia de arbovirosis ha aumentado en los últimos años a escala mundial, particularmente la región de las Américas se ha visto afectada por la presencia no sólo del virus del dengue, sino también del Chikungunya desde finales del 2013 y del Zika desde 2015 (36).

Dichas enfermedades están influenciadas por diversos factores, dentro de los que se encuentran los geográficos y los ambientales (climáticos), tales como altitud⁵, precipitación⁶, humedad relativa y temperatura⁷; afectando la dinámica de los vectores, de tal manera que tienen efecto en la distribución y abundancia de diferentes especies de mosquitos, en particular la temperatura y las precipitaciones.

El aumento de la temperatura global reduce el tiempo de desarrollo larvario, lo que promueve un aumento de vectores adultos, y las fluctuaciones naturales de temperatura diurnas y nocturnas también influyen en la competencia vectorial (la capacidad de un vector para transmitir enfermedades). Como resultado, el período de incubación extrínseca también se reduce, lo que favorece la posibilidad de transmisión viral (44) además de que conducen a aumentos en la frecuencia de picaduras y extensiones de la esperanza de vida promedio de los mosquitos (45).

Dhimal et al, en 2015, establecieron que los cambios estacionales en las condiciones climáticas pueden modificar el éxito hematófago de los mosquitos y hacer que modifiquen su comportamiento de oviposición según la disponibilidad de hábitats para el desarrollo larvario. Por lo tanto, los cambios en el microclima debido a la intensidad y duración de las lluvias podrían tener efectos positivos o negativos en el número de huevos, larvas y pupas de mosquitos. Es así como, de un lado, el inicio de las lluvias puede crear sitios de desarrollo larvario adicionales y apoyar el crecimiento de la cubierta vegetal proporcionando

⁵ Entendida como la distancia vertical que existe entre cualquier punto de la [Tierra](#) en relación con el nivel del [mar](#). Para calcular la altitud, se toma como referencia el nivel del mar, y por eso la altitud se expresa con una cifra en [metros](#) seguida de la abreviatura s. n. m., es decir, m s. n. m. https://es.wikipedia.org/wiki/Altitud#V%C3%A9ase_tambi%C3%A9n

⁶ Definida como la caída de partículas de agua líquida o sólida que se originan en una nube, atraviesan la atmósfera y llegan al suelo" es medida en milímetros, en donde, un milímetro de precipitación equivale a un litro de agua por metro cuadrado de superficie o a diez metros cúbicos de agua por hectárea. IDEAM (2017). La precipitación media anual se obtiene a partir del promedio de las lluvias registradas en los doce meses del año.

⁷ La temperatura superficial terrestre (TST) describe la temperatura de las superficies terrestres y sus procesos relacionados, como el intercambio de energía y agua entre la superficie terrestre y la atmósfera. La TST influye en la velocidad y el ritmo de crecimiento de las plantas y se ve afectada por el albedo (la reflectancia) de una superficie. Estos datos pueden mejorar la toma de decisiones sobre el uso del agua y las estrategias de riego, y también son un indicador de la salud de los cultivos y el estrés hídrico. <https://www.earthdata.nasa.gov/topics/land-surface/land-surface-temperature>

microhabitats frescos y sombreados para el desarrollo de las etapas acuáticas y para los adultos en reposo; pero por otro, puede limitar la dispersión y reproducción de estos mosquitos cuando se combina con fuertes vientos que perturban la actividad de vuelo, lo que genera dificultades para encontrar pareja, hospedadores y hábitats favorables para el desarrollo larvario(45)

Así las cosas, los cambios climáticos y el aumento de las inundaciones o sequías, sumados a las deficiencias en el suministro de agua mediante tuberías en muchos centros urbanos de las Américas, promueven que se almacene agua en los domicilios, con lo cual aumenta el riesgo de epidemias transmitidas por mosquitos. El aumento de las temperaturas medias locales y la mayor variación en las precipitaciones regionales facilitan la reproducción de los vectores y la transmisión de parásitos y virus que podrían alterar la distribución e incidencia temporal y espacial de las Enfermedades Transmitidas por Vectores (ETV) (46)

En los sistemas de ETV, se utilizan las curvas de comportamiento térmico para predecir los posibles efectos del aumento de temperatura, como resultado del cambio climático, las cuales muestran como la temperatura afecta las características fisiológicas de patógenos, vectores y hospedadores reservorio, lo que determina la tasa de propagación de enfermedades en una población susceptible (47).

Dependiendo de su capacidad de adaptación, los vectores podrían dejar de ser portadores de ciertos patógenos o podrían ser portadores de otros nuevos, a medida que los cambios en los ecosistemas mediados por el clima unen diferentes patógenos, vectores y hospedadores reservorio y humanos (48).

De otro lado, se encuentra que la altitud es un factor que limita la distribución de *Ae. Aegypti*, particularmente en Colombia, para 1981 se reportaba el registro del mosquito hasta los 2.200 msnm (Málaga- Santander)(49), esto ha cambiado en el tiempo y para el año 2016 se registra por primera vez se registró *Ae. Aegypti* a 2.302 msnm, la mayor altitud registrada para este vector en Colombia, esta información es valiosa, ya que determina regiones de

Colombia con riesgo potencial de transmisión autóctona de dengue y otros arbovirus(33). En el país se registra la infestación de este vector entre 0 y 2.200 metros sobre el nivel del mar (msnm), y se ha registrado transmisión a 2.200 msnm. También es relevante mencionar que en el territorio nacional existen 811 municipios ubicados a una altitud menor de los 1.800 msnm (50).

El efecto protector de la altitud coincide con investigaciones realizadas en otros países de América Latina, que han documentado una disminución significativa en la densidad vectorial y la transmisión de arbovirosis a mayores altitudes(44)

Las variaciones climáticas producidas por el calentamiento global del planeta, o las generadas por el fenómeno de El Niño, podrían crear condiciones para el incremento en la intensidad de la transmisión potencial del dengue y favorecer la circulación de los diferentes serotipos, al reducir el tiempo de transmisión de las infecciones secundarias, produciendo y facilitando la aparición del dengue grave (50).

1.3 Vulnerabilidad: más allá del riesgo

La vulnerabilidad es un concepto ampliamente debatido, que se ha usado de manera diversa en diferentes contextos y ha sufrido transformaciones según la disciplina que lo utiliza. Al analizar el concepto desde la salud pública se ha llegado a la consideración que el concepto no se limita a la identificación de grupos en riesgo. El fin es intervenir dichos grupos “vulnerables” de forma específica o evitar su estigmatización mediante ciertas intervenciones (51).

A menudo se describe la vulnerabilidad como un atributo negativo, (52) llegando incluso a ser problemático (53) y no necesariamente debe ser así. Al actuar desde la equidad, en relación con las intervenciones o políticas de salud pública, implica más que identificar “poblaciones vulnerables” o “grupos en riesgo de estigmatización”, por lo cual se hace necesaria una mirada ética esencial para comprender el significado del término

“vulnerable”, que sigue a otros términos que han caído en desuso por considerarse peyorativos, como poblaciones “desfavorecidas” o “desaventajados”. Actualmente también se plantea la cuestión de si, y en qué condiciones, definir a las personas o grupos vulnerables con base en criterios específicos (de posición socioeconómica o de otro tipo) permite intervenir con mayor eficacia(51).

Ahora bien, el concepto de vulnerabilidad en la atención de salud ha sido ampliamente criticado por estar “centrado en el desempoderamiento, los déficits, la dependencia y la pasividad, en lugar de los desafíos, las oportunidades, la autonomía y la autodeterminación”, por lo cual se hace necesario repensar el concepto de vulnerabilidad para justificar el acceso a recursos, teniendo en cuenta nuestras obligaciones morales y éticas, sin conducir a la estigmatización(53).

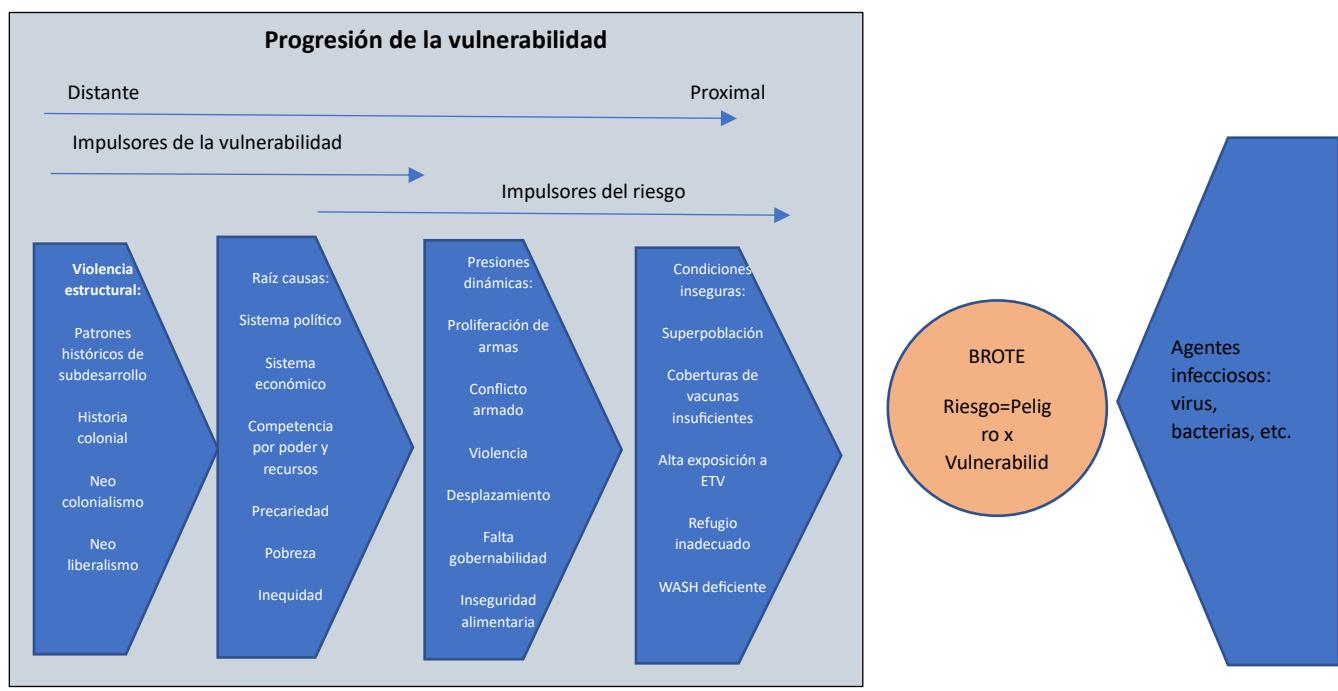
Actualmente, para ampliar el concepto de vulnerabilidad en salud pública se han tomado desarrollos de las áreas ambientales dedicadas a desastres naturales, es así como la OMS para el año 2022 define vulnerabilidad como: *“Las condiciones determinadas por factores o procesos físicos, sociales, económicos y ambientales que aumentan la susceptibilidad de un individuo, una comunidad, activos o sistemas a los impactos de los peligros”*(54).

La OMS también menciona que la vulnerabilidad está determinada por procesos históricos, políticos, culturales, institucionales y relacionados con los recursos naturales que configuran la vida y el estilo de vida de las personas, y que pueden generar diversos factores subyacentes de vulnerabilidad. Esto incluye vivir en zonas de riesgo de desastres o en viviendas precarias, problemas de salud, tensiones políticas o la falta de instituciones locales o medidas de preparación(54).

En 2019 Hammer *et al.*, proponen re- conceptualizar el término de vulnerabilidad, cerrando la brecha entre la literatura científica relacionada con los desastres naturales y la comprensión médica del riesgo y sugiere la adaptación de un modelo clásico para comprender el riesgo de los estudios de desastres: el modelo de Presión y Liberación (PAR)(55).

El modelo PAR original o tradicional contemplaba tres pasos para explicar la progresión de la vulnerabilidad: causas fundamentales, presiones dinámicas y condiciones inseguras, pero cada paso en la progresión de la vulnerabilidad se basa en el paso o pasos anteriores y genera una presión creciente sobre todo el sistema. Hammer et al., reportan que toman elementos del modelo PAR original que son válidas para una actualización específica en el área de la salud y una mejor comprensión de la progresión de la vulnerabilidad en las emergencias sanitarias tiene implicaciones para la vulnerabilidad, el riesgo y la resiliencia, así como su conceptualización (o su ausencia) en el concepto de emergencias sanitarias(55).

Figura 2. Modelo PAR adaptado a emergencias sanitarias



Fuente: Hammer et al.(55)

Desde esa perspectiva lo que denominamos factor de riesgo en salud, medicina y epidemiología es, según el modelo, una etapa en la progresión de la vulnerabilidad o, en otras palabras, un componente de la vulnerabilidad general. Las vulnerabilidades son lo que puede provocar una enfermedad en un individuo y un brote o epidemia en una

población(55). El riesgo no solo es la probabilidad, sino la interacción entre el peligro y vulnerabilidad; La vulnerabilidad se entiende como la combinación de exposición y susceptibilidad donde factores sociales (pobreza, desigualdad, violencia, precariedad institucional) determinan la magnitud del riesgo. Reducir la vulnerabilidad reduce el riesgo, incluso cuando no se pueden controlar todos los peligros (nuevos patógenos), la gestión del riesgo se debe orientar hacia lo social, no solo hacia lo biomédico. (54)

Al tener en cuenta esta comprensión conceptual se puede utilizar como base para mejorar la gestión específica de riesgos y las intervenciones de reducción de riesgos, proporcionando puntos de acción para la intervención y comprendiendo su situación en la progresión de la vulnerabilidad, posibilitando la priorización de las intervenciones(55).

El concepto de vulnerabilidad es útil, para priorizar intervenciones en poblaciones con mayores inequidades, siempre que se maneje con un enfoque de derechos humanos, inclusión y empoderamiento comunitario, evitando estigmas y fortaleciendo la equidad en salud.

2. Objetivos

2.1 Objetivo General

Determinar un Índice Sintético de Vulnerabilidad para la transmisión de arbovirosis (Dengue, Zika y Chikungunya) por los mosquitos del género *Aedes*, en los municipios de Colombia, según el enfoque “*una sola salud*” de la Organización Mundial de la Salud.

2.2 Objetivos específicos

Identificar las variables ambientales (climáticas), geográficas (altitud), demográficas, socioeconómicas, y epidemiológicas, relacionadas con la transmisión de arbovirosis por los mosquitos del género *Aedes*, según consideraciones teóricas y disponibles a nivel de los municipios colombianos.

Explorar las variables seleccionadas y su posible relación con el constructo de vulnerabilidad a la transmisión de arbovirosis por los mosquitos del género *Aedes*, a nivel de los municipios colombianos, según el enfoque “*una sola salud*” de la Organización Mundial de la Salud.

Establecer un ordenamiento municipal del Índice Sintético de Vulnerabilidad a los mosquitos del género *Aedes* según peores resultados ante la vulnerabilidad.

3. Metodología

Para la construcción del Índice Sintético de Vulnerabilidad para la transmisión de arbovirosis por *Aedes*, se siguen los lineamientos metodológicos de la OCDE (56) y se consideran factores ambientales, geográficos, demográficos y socioeconómicos asociados teóricamente con la salud pública, que influyen en la ocurrencia de enfermedades arbovirales.

Una vez revisados los conceptos teóricos, se definen las variables a utilizar, entre los años 2017 y 2024 reportados por fuentes oficiales del país, como se muestra en la Tabla 1.

De tal forma que los datos de altitud de los municipios fueron tomados del Instituto Geográfico Agustín Codazzi–IGAC; de otro lado, los datos de humedad relativa, precipitación y temperatura fueron tomados del proyecto POWER NASA(57), debido a la limitación de los datos del IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales), que hace referencia a datos departamentales tomados en los principales aeropuertos o en lugares particulares, pero que no se encuentran disponibles por municipio.

En cuanto a las variables socioeconómicas (hacinamiento crítico, miseria, analfabetismo, sin acceso a fuente de agua mejorada, barreras de acceso a salud, cobertura de aseo, densidad poblacional y migración interna) se tomaron de los repositorios del DANE.

Se utiliza como variable de información de acceso a servicios de salud la información de IPS habilitadas con servicios de consulta externa por municipio, la cual se genera a partir

de la fuente reportada en el Registro Especial de Prestadores de Servicios de Salud REPS para el periodo 2017 a 2023.

Respecto a las tasas de Incidencia de dengue, zika y chikungunya , estas se calcularon a partir de los casos notificados al Sistema de Vigilancia en Salud Pública (SIVIGILA) para cada uno de los eventos y los datos de poblaciones a riesgo CNPV 2018 publicados por el DANE para el periodo 2017-2019; para el periodo 2020-2023 se utilizó la población a riesgo disponible en la herramienta ofimática en Excel del Lineamiento metodológico para la estratificación y estimación de la población en riesgo para arbovirosis en Colombia 2020-2023 Ministerio de Salud y Protección Social, INS. 2022(18). Para el cálculo de la tasa de incidencia de dengue se incluyeron los casos notificados de dengue y dengue grave.

Adicionalmente se tuvo en cuenta la variable entomológica Índice de Infestación de Viviendas (IIV) que se refiere a la proporción de viviendas positivas con larvas y pupas de *Aedes aegypti*. Este valor se calcula dividiendo el número de viviendas positivas entre el número total de viviendas inspeccionadas y multiplicando por 100, y es reportado al Instituto Nacional de Salud por los Laboratorios de Salud Pública departamentales y distritales para la vigilancia entomológica como lo establece la Circular Conjunta Externa número 013 de 2023 (58).

Tabla 1. Indicadores simples según unidades y fuente

Variables	Unidades	Fuente
Altitud	msnm	ICAG,2024
Humedad relativa	%	NASA,2017-2024
Precipitación	mm/día	NASA,2017-2024
Temperatura	°C	NASA,2017-2024
Hacinamiento crítico	%	DANE,2018
Personas en miseria en el área urbana	%	DANE,2018
Analfabetismo	%	DANE,2018
Sin acceso fuente de agua mejorada	%	DANE,2018
Barreras acceso salud	%	DANE,2018
Cobertura aseo	%	DANE,2018
Densidad poblacional	Habitantes por km2	DANE,2017-2023

Migración interna	%	DANE,2018
Índice de Infestación de Viviendas (IIV)	%	INS,2023-2024
Tasa incidencia Dengue	Por 100.000 habitantes (población riesgo)	INS,2017-2023
Tasa Incidencia Zika	Por 100.000 habitantes (población riesgo)	INS,2017-2023
Tasa Incidencia Chikungunya	Por 100.000 habitantes (población riesgo)	INS,2017-2023
Letalidad Dengue	%	INS,2017-2023
Letalidad Dengue grave	%	INS,2017-2023
Promedio IPS Habilitadas Consulta Externa	Número	SISPRO-2017-2023

Msnm: Metros sobre el nivel del mar, IGAC: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, DANE: Departamento Administrativo Nacional de Estadística, INS: Instituto Nacional de Salud.

Fuente: Dirección de Epidemiología y Demografía, 2025

Las variables se reportan para 1121 municipios de Colombia, no se incluye el municipio Nuevo Belén de Bajirá (creado a partir del decreto 0284 del 26 de diciembre de 2023 y de la Ordenanza No. 180 del 27 de junio de 2023), por no contar con información de las variables requeridas.

Para el análisis de información se utiliza el software R Studio versión 4.4.3. Las variables (cobertura de aseo, densidad, miseria y migración interna) no reportan el dato oficial de 18 municipios (que están en Amazonas, Guainía y Vaupés). Dicha información se imputa mediante la técnica múltiple Hot Deck. Adicionalmente la variable de Índice de Infestación de Viviendas (IIV) no es reportada para todos los municipios, así que todos aquellos con valor de altitud por encima de los 2200 msnm se define valor de 0 (a menos que haya reporte del INS), los datos faltantes también fueron imputados.

El análisis exploratorio de los datos se realizó calculando la media, mediana, la desviación estándar, y realizando exploración de la distribución de normalidad de las variables mediante prueba de Shapiro Wilk. Posteriormente, los datos se normalizan mediante técnica Z score (media 0 y desviación estándar 1), se construye una matriz de covarianza y se realiza un Análisis de Componentes Principales (ACP) y Análisis Factorial (AF).

Los datos se exploran mediante análisis de conglomerados, para clasificar los municipios en grupos homogéneos a partir del set de variables que tienen distintas características, pero que presentan algunas similitudes.

Finalmente, se realiza la construcción del Índice Sintético de Vulnerabilidad para la transmisión de arbovirosis por *Aedes* (ISVA), mediante el método de ponderación basado en el Análisis Factorial (AF) (Paquete Compind en R)(59). El AF busca describir un conjunto de indicadores en términos de un número menor de *m* factores y destacar la relación entre estas variables. Para retener los factores en el análisis sin perder demasiada información, se utiliza el comando de Compind de method=CH, que permite elegir el número de factores. También se tiene en cuenta la polaridad de las variables. La información del Índice se ordena según quintiles para clasificar en 5 categorías de fuerza (de muy vulnerable a sin vulnerabilidad) para la realización de mapa construido con la herramienta Excel, Microsoft®.

4. Resultados

Una vez revisados los conceptos teóricos y la disponibilidad de la información a nivel municipal se seleccionan 19 variables, las cuales se exploran y se realiza análisis de distribución y de estadísticas simples como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Estadísticas simples de las variables

Variables	Media	Desviación estándar	Valor mínimo	Valor máximo	Distribución normal*	Polaridad
Altitud	1132	921,3	0	3.350	No	Negativa
Humedad relativa	82	6,18	58,6	93,1	No	Positiva
Precipitación	4,8	2,32	1,4	24,6	No	Negativa
Temperatura	21,1	4,8	11,6	30,2	No	Positiva
Hacinamiento crítico	11,1	7,4	1,4	58,1	No	Positiva
Personas en miseria	3,4	5,1	0	50,5	No	Positiva
Analfabetismo	17,4	7,9	2	52,5	No	Positiva
Sin acceso fuente de agua mejorada	27,1	21,8	0,2	99	No	Positiva
Barreras acceso salud	5,09	4,06	0	40,2	No	Positiva
Cobertura aseo	51,7	24,8	0,25	99,7	No	Negativa

Densidad poblacional	171,8	787,2	0,2	17.065	No	Positiva
Migración	12,7	5,8	0	37,06	No	Positiva
Tasa incidencia dengue	173,3	239,2	0	2166,9	No	Positiva
Índice Infestación de Vivienda (IIV)	12	15,06	0	78,7	No	Positiva
Tasa Incidencia zika	0,96	3,4	0	56,7	No	Positiva
Tasa Incidencia chikunguña	1,08	3,1	0	41,1	No	Positiva
Letalidad dengue grave	5	15,2	0	100	No	Positiva
Letalidad dengue	0,28	1,6	0	33,3	No	Positiva
IPS Consulta externa habilitada	11,2	85,6	0	2.410	No	Negativa

*Según prueba de Shapiro Wilk. Fuente: elaboración propia

Fuente: Dirección de Epidemiología y Demografía, 2025

Se realiza normalización de las variables y según criterio de valores propios (*eigenvalues*), siete de ellos tienen un valor superior a 1, los cuales explican el 68,3 % de la varianza. Según práctica estándar un valor por encima del 60% estaría bien para seleccionar el número de componentes junto con el criterio de *eigenvalues*(56). Con este paso exploratorio se busca reducir la dimensionalidad (variables).

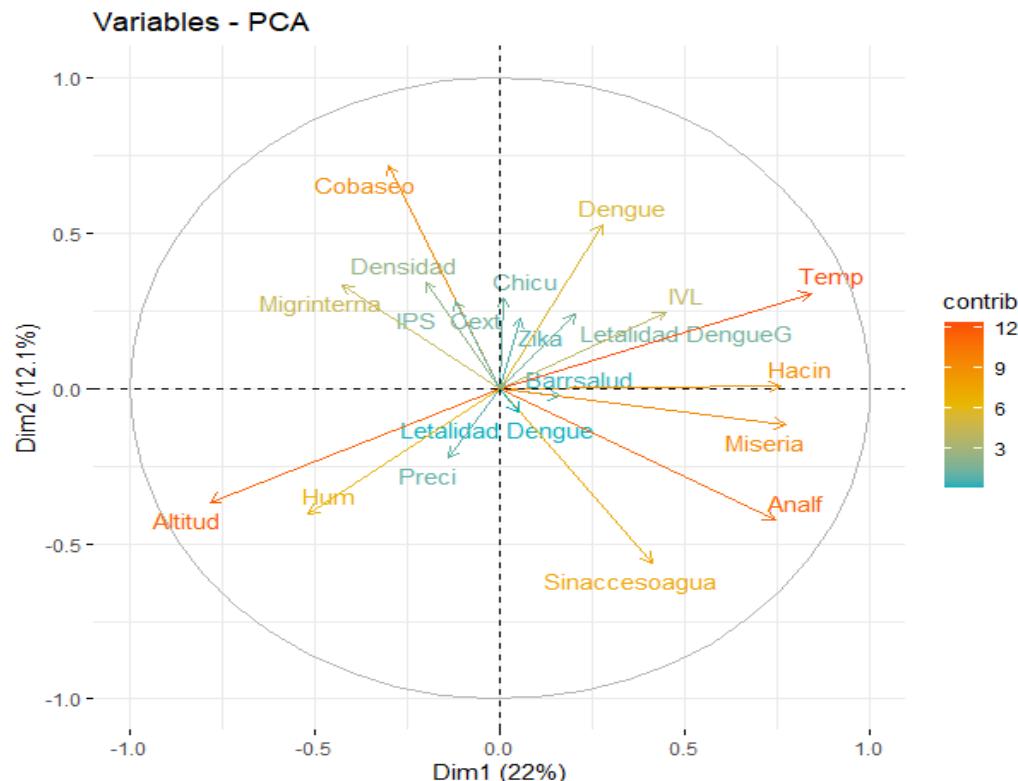
Tabla 3. Valores propios y varianza por dimensión

Dimensión	Eigenvalue	% varianza	% varianza acumulada
Dim.1	4.19	22.03	22.03
Dim.2	2.29	12.05	34.08
Dim.3	1.79	9.43	43.52
Dim.4	1.45	7.67	51.19
Dim.5	1.17	6.17	57.37
Dim.6	1.07	5.64	63.01
Dim.7	1.01	5.35	68.3
Dim.8	0.85	4.47	72.8

Fuente: Dirección de Epidemiología y Demografía, 2025

Las dimensiones 1 y 2 son las que más varianza acumulan, al visualizarlas en el biplot, se puede evidenciar como las variables que se agrupan muestran algún grado de correlación positivamente entre sí, y ese es el caso, por ejemplo, de la proporción de población en miseria y hacinamiento. La temperatura y la altitud se correlacionan negativamente.

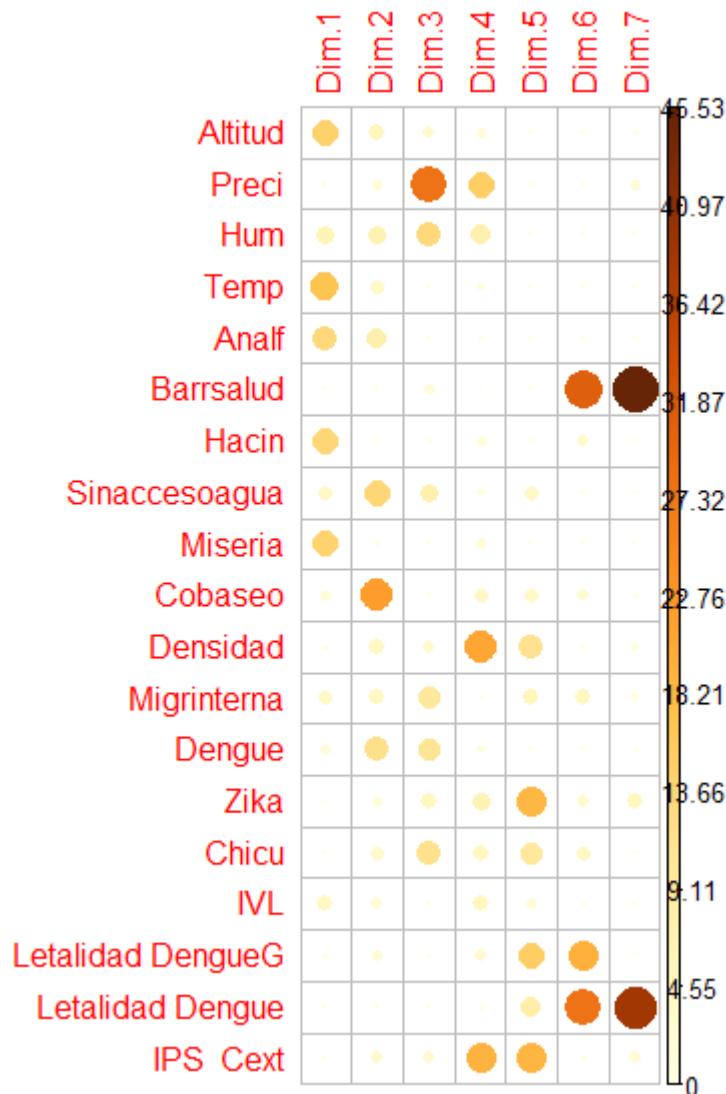
Figura 3. Círculo de correlaciones de las variables



Fuente: Dirección de Epidemiología y Demografía, 2025

Al analizar la contribución de las variables a cada dimensión, se puede ver que por ejemplo en la dimensión 1 aporta más la temperatura, mientras que en la dimensión 2, la cobertura de servicios de aseo.

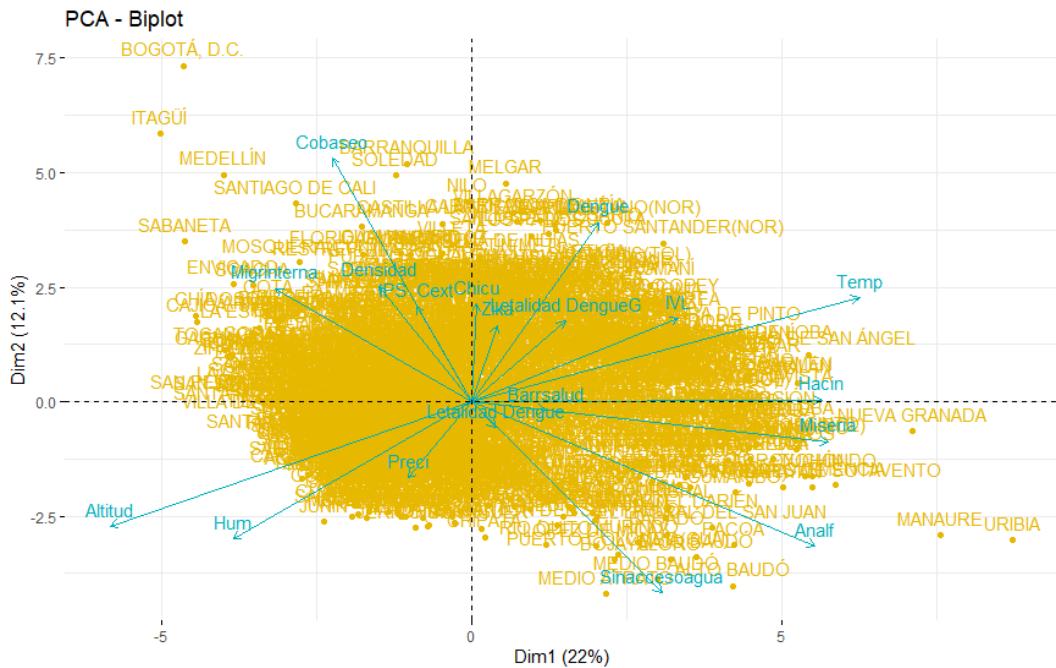
Figura 4. Contribución de las variables a las 7 dimensiones



Fuente: Dirección de Epidemiología y Demografía, 2025

Al considerar todos los 1121 municipios estos se distribuyen en el biplot en los diferentes cuadrantes, según la dirección de las variables como se muestra en la figura 5.

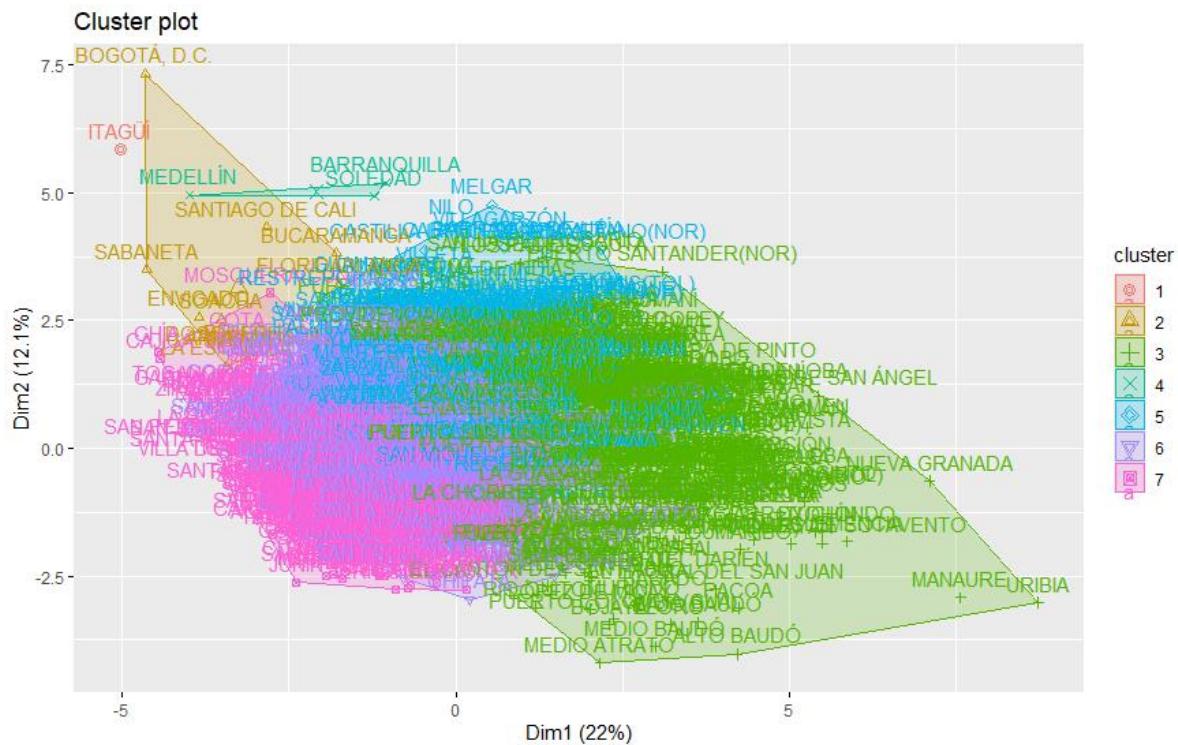
Figura 5.Biplot de las variables considerando los municipios de Colombia



Fuente: Dirección de Epidemiología y Demografía, 2025

También de manera exploratoria, una vez se obtiene la información se realiza un análisis de conglomerados (clusters) para identificar los 7 grupos como se muestra en la figura 6, los valores del conglomerado 7 evidencian los municipios con mayor altitud, menor temperatura, pero con menor densidad y acceso a servicios de salud (por ejemplo: Chía, Cota), el conglomerado 3 incluye aquellos municipios con mayores valores relacionados con analfabetismo, proporción de miseria, sin acceso agua potable, mayor letalidad por dengue (por ejemplo: Alto Baudó, Manaure, etc.). El conglomerado 2, muestra los municipios con mayor cobertura de aseo, mayor densidad poblacional y mayor migración. El conglomerado 5 reúne municipios con mayores temperaturas, hacinamiento y casos de dengue.

Figura 6. Análisis de Conglomerados de los municipios colombianos por las variables analizadas



Fuente: Dirección de Epidemiología y Demografía, 2025

Posteriormente en el Análisis Factorial para evaluar la adecuación de los datos se realiza la Prueba Kaiser-Meyer-Olkin, corresponde a un valor de 0.74 con lo cual se considera que es bueno. Este valor indica que las correlaciones parciales son pequeñas en comparación con las correlaciones totales, lo que significa que las variables están relacionadas entre sí y se pueden agrupar en factores. También se realiza la prueba de esfericidad de Bartlett que arroja un valor de $p < 0,05$, por lo cual el análisis factorial es apropiado.

El Índice sintético calculado mediante método de ponderación basado en el análisis factorial, tiene las características que se presentan en la tabla 4. Posteriormente los municipios se dividen en cinco grupos (según quintiles), para realizar un mapa indicando el grado de vulnerabilidad del municipio.

Tabla 4. Características Índice Sintético de Vulnerabilidad al mosquito Aedes (ISVA)

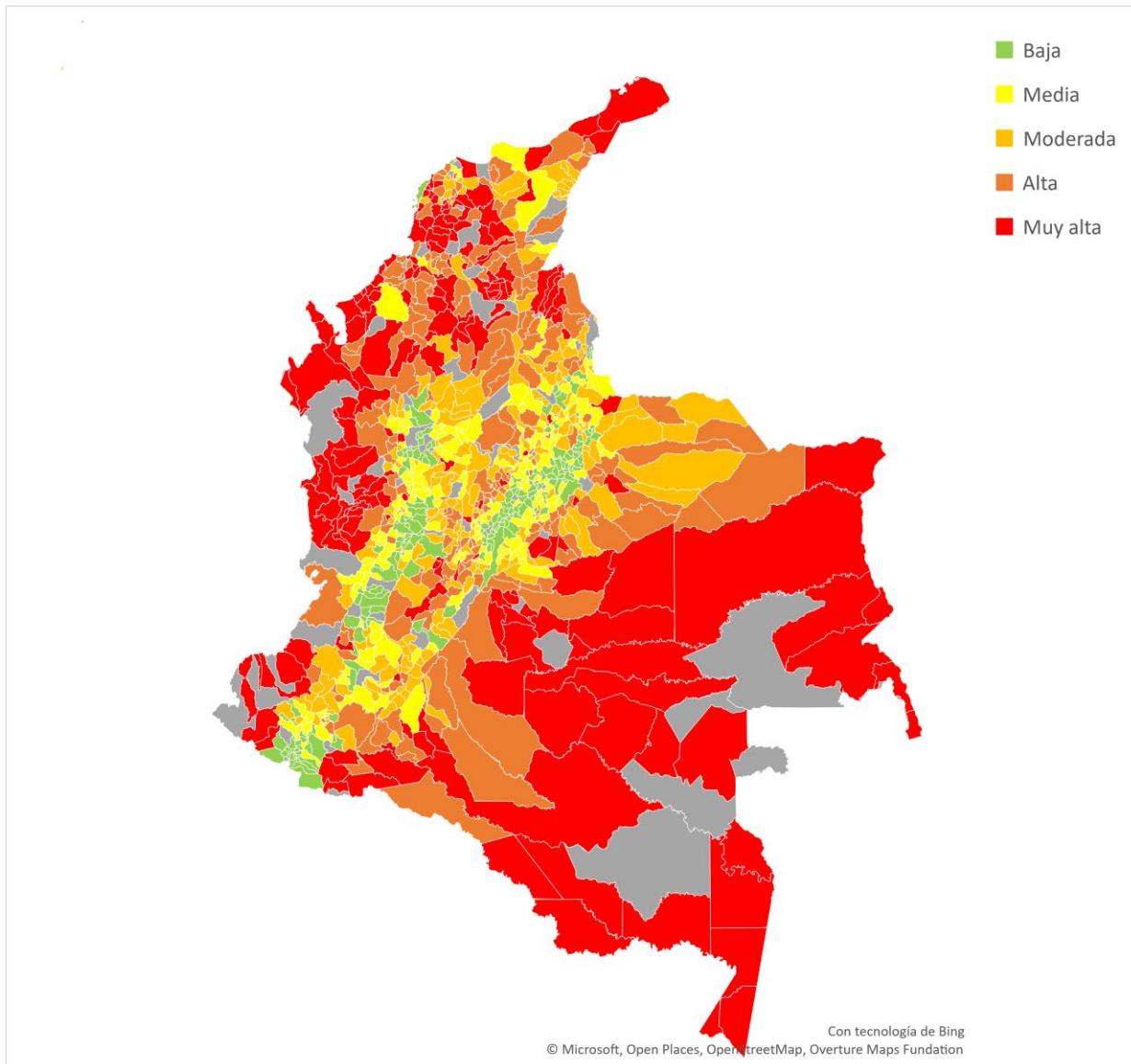
Media	Desviación estándar	Mediana	Mínimo	Máximo
0,00	0,33	-0,0282	-1,3169	1,1014

Fuente: Dirección de Epidemiología y Demografía, 2025

El quintil con la **vulnerabilidad muy alta** corresponde a 224 municipios, de varios departamentos del país. Los más afectados son Bolívar y Chocó con 30 (65,2%) y 28(93,3%) de sus municipios respectivamente, Córdoba con 16 municipios, Antioquia, Magdalena y Meta con 15 municipios cada uno, seguidos por Sucre con 13 municipios. Vale la pena mencionar que departamentos con menos municipios se afectan en su totalidad como el caso de Amazonas y Vaupés. (Ver Tabla 5)

El quintil con la **vulnerabilidad alta** corresponde a 224 municipios, de varios departamentos del país. Los más afectados son Antioquia y Cundinamarca con 19 municipios, seguido por Tolima con 17 municipios (36,2% de sus municipios), seguidos por Cesar y Boyacá con 16 municipios cada uno, la información está disponible en la Tabla 5.

Figura 7. Mapa de categorías del Índice Sintético de Vulnerabilidad al mosquito Aedes (ISVA) por municipio



* Las zonas grises no son reconocidas por la herramienta de Excel de Bing maps

Fuente: Dirección de Epidemiología y Demografía, 2025

Tabla 5. Número de municipios según categoría del Índice Sintético de Vulnerabilidad al mosquito Aedes (ISVA) para transmisión de arbovirosis por departamento

Departamento	Muy alta		Alta		Moderada		Media		Baja		Total municipios
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	
Amazonas	11	100	0	0	0	0	0	0	0	0	11
Antioquia	15	12	19	15,2	29	23,2	30	24,0	32	25,6	125
Arauca	0	0,0	2	28,6	5	71,4	0	0,0	0	0,0	7
Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina	0	0,0		0,0	1	50,0	1	50,0	0	0,0	2
Atlántico	1	4,3	9	39,1	6	26,1	4	17,4	3	13,0	23
Bogotá, D.C.	0	0,0		0,0	0	0,0	0	0,0	1	100,0	1
Bolívar	30	65,2	11	23,9	4	8,7	0	0,0	1	2,2	46
Boyacá	4	3,3	16	13,0	17	13,8	33	26,8	53	43,1	123
Caldas	0	0,0	2	7,4	6	22,2	13	48,1	6	22,2	27
Caquetá	5	31,3	8	50,0	2	12,5	1	6,3	0	0,0	16
Casanare	2	10,5	9	47,4	6	31,6	2	10,5	0	0,0	19
Cauca	4	9,5	8	19,0	10	23,8	12	28,6	8	19,0	42
Cesar	1	4,0	16	64,0	5	20,0	3	12,0	0	0,0	25
Chocó	28	93,3	2	6,7	0	0,0	0	0,0	0	0,0	30
Córdoba	16	53,3	13	43,3	0	0,0	1	3,3	0	0,0	30
Cundinamarca	5	4,3	19	16,4	22	19,0	30	25,9	40	34,5	116
Guainía	8	100,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	8
Guaviare	4	100,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	4
Huila	1	2,7	8	21,6	20	54,1	7	18,9	1	2,7	37
La Guajira	4	26,7	3	20,0	8	53,3	0	0,0	0	0,0	15
Magdalena	15	50,0	10	33,3	4	13,3	1	3,3	0	0,0	30
Meta	15	51,7	8	27,6	3	10,3	3	10,3	0	0,0	29
Nariño	11	17,2	2	3,1	7	10,9	16	25,0	28	43,8	64
Norte De Santander	7	17,5	9	22,5	10	25,0	9	22,5	5	12,5	40
Putumayo	6	46,2	2	15,4	1	7,7	2	15,4	2	15,4	13
Quindío	0	0,0	0	0,0	2	16,7	2	16,7	8	66,7	12
Risaralda	3	21,4	1	7,1	3	21,4	2	14,3	5	35,7	14
Santander	2	2,3	13	14,9	29	33,3	32	36,8	11	12,6	87
Sucre	13	50,0	11	42,3	1	3,8	1	3,8	0	0,0	26
Tolima	5	10,6	17	36,2	19	40,4	3	6,4	3	6,4	47

Valle Del Cauca	0	0,0	4	9,5	4	9,5	16	38,1	18	42,9	42
Vaupés	6	100,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	6
Vichada	2	50,0	2	50,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	4
Total	224	20,0	224	20,0	224	20,0	224	20,0	225	20,1	1121

Fuente: Dirección de Epidemiología y Demografía, 2025

Adicionalmente se ordenan según el valor del Índice ISVA , los 50 municipios con la mayor vulnerabilidad a transmisión de arbovirus del país. El más vulnerable es Alto Baudó (Chocó) seguido de Nuquí (Chocó) y Uribia (La Guajira), ver en la Tabla 6. La totalidad de los municipios se puede consultar en el anexo 1.

Tabla 6.Cincuenta municipios con mayor vulnerabilidad a transmisión por arbovirosis según Índice Sintético de Vulnerabilidad al mosquito Aedes (ISVA)

Departamento	Municipio	Valor Índice (ISVA)
Chocó	Alto Baudó	1,101377349
Chocó	Nuquí	1,016840041
La Guajira	Uribia	0,923998591
Santander	Chipatá	0,905754076
Chocó	Bajo Baudó	0,896503162
Norte De Santander	Hacarí	0,838021461
Chocó	Medio Atrato	0,813064246
Chocó	El Litoral Del San Juan	0,79862193
Chocó	Unión Panamericana	0,795229073
Vaupés	Taraíra	0,79002697
Chocó	Atrato	0,786217839
Vaupés	Pacoa	0,773633308
Antioquia	Vigía Del Fuerte	0,772192618
La Guajira	Manaure	0,770634698
Chocó	Medio Baudó	0,766941712
Chocó	El Cantón Del San Pablo	0,750663965
Guainía	Morichal	0,72910935
Chocó	Bojayá	0,720115868
Cauca	Timbiquí	0,710997682
Putumayo	Villagarzón	0,703838023
Bolívar	Clemencia	0,702517588
Chocó	Bagadó	0,696287634

Chocó	Carmen Del Darién	0,695688463
Chocó	Río Quito	0,677999865
Chocó	Juradó	0,677319238
Antioquia	Murindó	0,672093114
Putumayo	Puerto Guzmán	0,660621787
Amazonas	Puerto Santander	0,651882677
Chocó	Lloró	0,650073666
Magdalena	Nueva Granada	0,641441966
Chocó	Istmina	0,634851173
Nariño	Magüí	0,633160431
Vaupés	Carurú	0,627009473
Amazonas	La Victoria	0,619633487
Nariño	La Tola	0,606043494
Amazonas	Puerto Alegría	0,601386274
Bolívar	Montecristo	0,600139973
Córdoba	San Andrés De Sotavento	0,599453685
Chocó	Medio San Juan	0,596924023
Bolívar	San Jacinto	0,590378017
Chocó	Quibdó	0,579349114
Vaupés	Yavaraté	0,572625494
Guainía	Puerto Colombia	0,568824398
Amazonas	Leticia	0,565038739
Nariño	Olaya Herrera	0,562550224
Córdoba	Puerto Escondido	0,562322166
Amazonas	Tarapacá	0,562057321
Meta	Puerto Concordia	0,560554607
Chocó	Riosucio	0,560229247
Nariño	Roberto Payán	0,559574635

Fuente: Dirección de Epidemiología y Demografía, 2025

5. Discusión

El enfoque de “*una sola salud*” busca equilibrar y optimizar la salud de las personas, animales y los ecosistemas a través del uso de nuevos métodos de vigilancia y control de enfermedades, resultado de la interrelación entre estos campos, con el propósito de reforzar los programas ya establecidos en los diferentes países y que aplican entre otros, a las enfermedades transmitidas por vectores, que afectan a las personas que sufren picaduras de un vector (mosquitos, garrapatas, piojos y pulgas) e incluyen el dengue, el virus del Nilo Occidental, la enfermedad de Lyme y el paludismo; lo cual exige una estrecha colaboración, comunicación y coordinación entre los sectores implicados(60). Es así como el desarrollo de un Índice Sintético de Vulnerabilidad al *Aedes* permitiría, incluso más allá de la vigilancia, establecer una medida tanto de monitoreo de la efectividad de las intervenciones establecidas por los municipios de Colombia como de priorización adicional a estrategias basadas en riesgo.

Al usar un índice sintético se reduce el tamaño visible de un conjunto de indicadores de diferentes áreas (entomológica, geográfica, socioeconómica, demográfica, epidemiológica) sin perder la base de información subyacente(56), en este caso se identifican siete dimensiones, que le aportan de manera adecuada a dicho Índice según los análisis de valores propios, varianza y la prueba KMO. Con este indicador compuesto se busca medir conceptos multidimensionales como la integralidad de factores de “*una sola salud*” que no pueden ser capturados por un solo indicador.

En 2022 el Ministerio de Salud y Protección Social desarrolló el “Lineamiento metodológico para la estratificación y estimación de la población en riesgo para arbovirosis en Colombia 2020-2023”, basado en el concepto clásico de riesgo, considerando la presencia del vector, persistencia de transmisión, magnitud del evento y la altitud (61), dicha información es clave en el momento de plantear instrucciones para la organización y respuesta para el control del Dengue en Colombia, como lo establece la Circular Conjunta Externa de 2023 (58), acciones establecidas dentro de los marcos de emergencia a brotes y que son valiosas para

otras enfermedades, como es el caso actualmente de la fiebre amarilla, por la cual se declaró este año 2025, emergencia sanitaria en el territorio nacional (62).

Sin embargo, para esta investigación se parte del concepto de "vulnerabilidad" a diferencia del clásico análisis de "riesgo" en epidemiología. Este enfoque de riesgo puede ser suficiente para problemas de salud tradicionales, tanto individuales como poblacionales, pero en el contexto de emergencias sanitarias o desastres, podría beneficiarse de una conceptualización más completa (55). La vulnerabilidad es un componente clave del riesgo, se puede afirmar que el riesgo en sí mismo no existe sin vulnerabilidad, es así como esta última puede definirse, como una función de la exposición y la susceptibilidad, y puede aplicarse a seres humanos, entidades ambientales o estructuras sociales (55). Diderichsen, menciona que incluso se puede hablar de una vulnerabilidad diferencial en la cual se debe contemplar tres dimensiones: exposición, susceptibilidad y capacidad de respuesta (63).

Los riesgos y los desastres emergen a partir de causas estructurales, presiones dinámicas y condiciones inseguras (modelo PAR), lo que permite entender como la desigualdad, los conflictos armados, los desplazamientos, la inseguridad alimentaria, el hacinamiento y la falta de servicios sanitarios generan vulnerabilidad y por lo tanto aumentan el riesgo de epidemias. El concepto de vulnerabilidad es esencial porque explica porque ciertos grupos o comunidades sufren más ante emergencias de salud global; reconocerlas y analizar sus causas permite diseñar respuestas más justas y efectivas, enfocadas en fortalecer las capacidades sociales, reducir desigualdades y prevenir crisis futuras. (54)

El presente estudio contempla variables de otros sectores que están relacionados con la vulnerabilidad a un aumento en la frecuencia de las arbovirosis en el país, como son factores climáticos, geográficos, económicos y sociodemográficos que han mostrado tener relación con la presencia de los mosquitos transmisores de los diferentes virus. Según el INS, de los 1.122 municipios colombianos, el 85,4 % (959) se caracterizan por tener condiciones bioclimáticas y de altitud para la transmisión del virus dengue, lo cual permite el establecimiento de las especies *Aedes aegypti* y *Aedes albopictus*, que tienen presencia en el 67,6 % y 37,0 % de los municipios, respectivamente según datos a 2024. Es relevante

mencionar que para el *Aedes albopictus*, se tienen nuevos registros en algunos departamentos como Cesar, Córdoba, Sucre, Guaviare, Guainía, Tolima y Antioquia, para el año 2024 (64).

El grupo de municipios de mayor vulnerabilidad para las tres arbovirosis contempladas en el presente estudio está liderado por municipios de Bolívar, Chocó, Córdoba, Antioquia, Magdalena y Meta; en contraste cuando se analizan por riesgo, los de mayor transmisión de dengue corresponden a Guaviare, Putumayo, Tolima, Meta y Caldas, según la metodología de riesgo (datos para el periodo 2020- 2023) (61).

El municipio con mayor vulnerabilidad fue Alto Baudó (Chocó), que para este análisis presentó una tasa de incidencia para dengue de 32,1 y para Chicungunya de 1,04 por 100.000 habitantes (2017-2023), un Índice de Infestación de Viviendas de 9,8% (2023-2024), y una letalidad por dengue de 4,35%; lo cual contrasta con los resultados para el análisis de riesgo ya que este municipio quedó dentro del nivel “baja transmisión para arbovirosis” en Colombia para el periodo 2020 a 2023 (61). Otros municipios identificados con alta vulnerabilidad en el presente estudio (La Chorrera, Puerto Santander, Tarapacá, Taraira, Puerto Colombia, Mirití-Paraná, Cacahual, La Guadalupe, Puerto Santander, Carurú, Puerto Arica, Caicedo), que son categorizados “sin transmisión y sin vector para arbovirosis”, pero con reporte de casos de alguna arbovirosis según el INS.

Según SIVIGILA, para el año 2024 la mayor letalidad por dengue grave por cada 100 casos en el país fue en el departamento de Guainía con el 33,3(65)%, seguido por Putumayo, Buenaventura y Chocó, que, aunque son territorios que pueden tener municipios con menores incidencias, debido a las características mencionadas previamente junto con barreras de atención a salud tienen peores desenlaces. Además, en 2024 se registró la incidencia más alta de dengue a nivel nacional y el 56,8 % (21) de las entidades territoriales presentaron un comportamiento similar al observado a nivel nacional, presentando en 2024 una incidencia de dengue superior con respecto a su histórico (2015-2023) (65).

Por otro lado, en este estudio se encuentra que municipios y grandes ciudades tienen baja vulnerabilidad, aunque el dengue esté presente como en Itagüí, Medellín, Armenia, Bucaramanga, Barranquilla, entre otras; sin embargo, para el análisis de riesgo quedaron dentro de la categoría “muy alta transmisión para arbovirosis” en Colombia para el periodo 2020 a 2023 (61). Esto se puede explicar debido a que estos tienen mejores condiciones de cobertura de aseo, disponibilidad de agua potable, acceso a servicios de salud, entre otras características que hacen que tengan capacidad de respuesta ante los brotes (66), por lo tanto, son resilientes. Sin embargo, cada uno de estos municipios tienen sus propias variaciones internas, que hace que se requieran estudios adicionales de vulnerabilidad por barrios o zonas. Por otra parte, el dengue al ser una enfermedad urbana, donde el vector está muy bien adaptado a criaderos artificiales existentes en las grandes y pequeñas áreas urbanizadas (tales como llantas, floreros y tanques bajos) (1) y tiene un comportamiento antropofílico por ello entre mayor sea la población de humanos mayor es la probabilidad de éxito de reproducción y circulación del virus; y en Colombia a pesar de que hay lugares que se categorizan como urbanos, tienen condiciones más rurales y selváticas donde las condiciones de vulnerabilidad en general pueden ser mayores, pero se pueden presentar una menor incidencia de la enfermedad.

Pese a este panorama *Ae. Albopictus* es una especie que tiene adaptaciones tanto en las áreas urbanas como rurales, estando más asociado en el pasado al área rural, en ese sentido la transmisión de las arbovirosis como el dengue, el zika y la chikunguña pueden ser más compleja en estas áreas si el vector se adapta mejor y tiene una mayor competencia vectorial, además *Ae. aegypti* también se ha identificado en zonas rurales aunque es una especie que se domesticó hace muchos años y este linaje fue el que se extendió por el mundo tropical y subtropical y ha sido la causante de grandes epidemias (12) por lo anteriormente mencionado, se debe tener presente que aunque la transmisión en áreas rurales no es comparable con las áreas urbanas esta puede permanecer activa y eficiente además en estas zonas se pueden encontrar poblaciones más vulnerables.

También desde la vulnerabilidad, es relevante mencionar que, aunque la variable altitud es fundamental para este análisis, la literatura reporta presencia del mosquito hasta una altura de 2302 m.s.n.m, en este análisis se pudo encontrar que un municipio tiene reportado ante el IGAC una altitud, sin embargo, este valor puede diferir ampliamente debido a la variabilidad geográfica colombiana, dentro de la extensión del municipio. Es así como en este estudio, por ejemplo el municipio Almaguer con un valor de 2.200 m.s.n.m (IGAC) quedó en categoría Alta, al revisar su geografía se reportan valores de 1.200 m.s.n.m (Caserío Sauji), 1.300 m.s.n.m (Yacuanas), 1350 m.s.n.m (Tarabita), 1.700 m.s.n.m (La Herradura)(67). En todo caso, la presencia de *Ae. aegypti* en áreas rurales por encima de 2.200 m.s.n.m hace que se considere contemplar la ampliación del rango altitudinal de intervención en las campañas de control vectorial. Por lo cual es importante considerar, además de las densidades del vector, la presencia de dengue y las otras características de vulnerabilidad(33).

Hay que tener en cuenta que los resultados presentados por este estudio en gran medida se deben a que el ISVA contempla una dimensión mayor, en cuanto incluye variables que hacen parte de las condiciones de vida de la población, lo que lo convierte en un insumo valioso para utilizar en la configuración de los núcleos de inequidad y problemas a priorizar durante la construcción participativa del Análisis de situación de Salud (ASIS) que elaboran las entidades territoriales en salud de carácter departamental, distrital y municipal; en términos de formular y llevar a cabo acciones de política pública e intersectoriales que lleven al cambio de condiciones de vida y salud, de tal forma que se prevenga el aumento de las tasas de incidencia de estas enfermedades arbovirales transmitidas por los mosquitos *Aedes*.

Dentro de las limitaciones del estudio se encuentra que, aunque se incluyeron datos entomológicos, no se tuvieron disponibles para todos los municipios, con lo cual se permitirían una mayor comprensión de los factores biológicos que influyen en la dinámica epidemiológica de las enfermedades transmitidas por vectores; por tanto, se recomienda para futuros cálculos tener el histórico de esta información del INS.

Otra de las limitaciones que se presentó fue la no inclusión de la tasa de incidencia de fiebre amarilla debido a que el INS confirmó que, entre septiembre de 2024 y mayo de 2025, se han registrado en Colombia solo 100 casos de fiebre amarilla (68) y particularmente no relacionados con una transmisión urbana, los posibles vectores que hay hasta el momento para fiebre amarilla son selváticos y semi rurales, (posiblemente *Sabates* y *Haemagogus*) mosquitos con hábitos muy diferentes, cuyos factores de transmisión no se relacionan en este estudio.

La comprensión desde el enfoque de “*una sola salud*”, las amenazas del cambio climático y el entendimiento de la progresión de la vulnerabilidad en la construcción de este Índice Sintético de Vulnerabilidad para la transmisión de arbovirosis por *Aedes*, permite abordar este fenómeno desde una visión más amplia, incluso desde antes que el virus llegue o se empeore la situación en poblaciones donde están dadas las diferentes condiciones para que se establezcan estas enfermedades. Lo cual impacta en mayor medida a aquellos municipios que no se encuentran preparados y que especialmente tienen condiciones en las que posiblemente se puede anticipar con medidas preventivas desde la planeación y el trabajo intersectorial.

6. Recomendaciones

Se espera que en próximos estudios se tengan en cuenta el histórico de variables de carácter entomológico a nivel municipal, variable que puede fortalecer el Índice sintético de vulnerabilidad de los municipios de Colombia

De igual forma, se recomienda incluir el índice sintético de vulnerabilidad en los insumos disponibles para la construcción del Análisis de Situación de Salud (ASIS) por las entidades territoriales de orden departamental, distrital y municipal, dado que es una herramienta valiosa que ofrece información respecto a la influencia de las condiciones ambientales y socioeconómicas de una población en eventos de transmisión por este vector; a su vez permite identificar aquellos territorios que tienen mayor vulnerabilidad y como la influencia

de las injusticias socioambientales afectan las condiciones y resultados en salud de las poblaciones, que según su relevancia puedan ser incorporadas dentro de la Planeación Integral para la Salud y se contemplen para la formulación de los Planes Territoriales de Salud y sus correspondientes Planes de Acción en Salud, a manera de trabajo sinérgico con otros sectores, tales como medio ambiente, educación, vivienda, entre otros.; así mismo para establecer medidas en torno a la vigilancia epidemiológica.

El Índice Sintético se establece como un instrumento valioso para los implementadores de política pública tanto del nivel nacional (Ministerio de Salud y Protección Social) como del nivel territorial (Secretarías de Salud), en términos de las estrategias que pueden ser utilizadas para el control y/ o la eliminación de las enfermedades arbovirales transmitidas por el Aedes.

Se recomienda revisar y disponer de manera periódica la herramienta ofimática en Excel del Lineamiento metodológico para la estratificación y estimación de la población en riesgo para arbovirosis en Colombia, con el fin de contar con información actualizada, dado que en la revisión realizada para este estudio, en esta metodología se identificaron territorios que aunque no se contemplaron con riesgo de trasmisión, el comportamiento de la enfermedad si refleja la existencia de casos en esos territorios.

Es importante que las entidades territoriales del diferente orden (departamental, distrital y municipal) realicen seguimiento, validación y verificación de los casos de dengue notificados antes de remitir al INS, dado que se identificaron territorios en los cuales no existe riesgo para la presencia del vector y sin embargo se encontraron casos notificados al SIVIGILA.

Se recomienda que el INS fortalezca los procedimientos que permitan garantizar la calidad de los registros que ingresan a SIVIGILA mediante la estandarización y consistencia en la captura de datos, complementado con validaciones automáticas para reducir errores. Es fundamental fortalecer las competencias del personal mediante capacitación continua sobre control de calidad y auditoría, así como implementar procesos de revisión y retroalimentación periódica que incluyan indicadores de completitud, oportunidad y

consistencia. Además, se debe promover la interoperabilidad tecnológica para evitar duplicidades y asegurar trazabilidad, ajustando los procesos a las particularidades territoriales y priorizando estrategias diferenciales para zonas rurales y dispersas, con el fin de garantizar información confiable que respalde la toma de decisiones en salud pública.

Respecto a las variables climáticas, se recomienda el mejoramiento paulatino de fuentes de información, dado que las actuales presentan limitaciones; en ese sentido se requiere la disposición de datos más precisos y particulares con desagregación municipal, en términos de la temperatura, la humedad relativa y la precipitación, y demás variables climáticas.

Entender las dinámicas de transmisión del dengue y los cambios que se puedan tener en el tiempo, implica trabajar de manera articulada entre actores de diferentes áreas que puedan aportar al entendimiento de la dinámica de esta enfermedad, mediante la formulación y ejecución de proyectos, que posibiliten la escucha de las voces de diferentes actores, con el fin de generar acciones articuladas. De esta manera se sugiere continuar explorando un índice que permite tener datos cuantitativos que nos acercan a las condiciones de vulnerabilidad de los territorios, pero también involucrar a los conocedores de las dinámicas del dengue en los territorios como entomólogos, epidemiólogos y personal de ETV, bajo el enfoque de “una sola salud”.

Se recomienda la implementación de políticas integrales, planes, proyectos y programas en el marco de los determinantes sociales de la salud que afecten de manera positiva la salud y la calidad de vida de la población más vulnerable para arbovirosis en municipios de Amazonas, Vaupés, Chocó, Guainía y Meta; que están en condiciones de pobreza, vivienda inadecuada, malas condiciones ambientales y acceso limitado a servicios de salud de calidad.

De otro lado es fundamental fortalecer la coordinación y articulación de acciones sectoriales, intersectoriales, transectoriales y alianzas con cooperación internacional para: (i) reconocer la magnitud del problema y realizar seguimiento a las ETV, sus causas subyacentes y el manejo integrado de vectores, ya que las poblaciones que viven en condiciones de pobreza, en zonas periurbanas y zonas rurales, son las que presentan

mayores barreras en cuanto a la prevención y control de vectores y el acceso a los servicios de salud; (ii) priorizar intervenciones en los entornos educativos y del hogar para impactar a la población más afectada, y la implementación de acciones oportunas y focalizadas de prevención y control en las áreas en alerta y brote de ETV; (iii) la implementación, monitoreo y seguimiento de los Planes de contingencia para ETV con participación de todos los actores del Sistema General de Seguridad Social en Salud y la articulación intersectorial con las áreas de ambiente, educación, turismo, servicios públicos; (iv) del intercambio de información, investigación científica, colaborando en estudios sobre el virus, su transmisión y la eficacia de las vacunas, recibiendo apoyo de expertos internacionales en áreas como la virología, epidemiología y salud pública y trabajar con medios de comunicación para difundir información precisa y oportuna.

7. Anexos

Anexo 1. Municipios de Colombia con mayor vulnerabilidad a transmisión por arbovirosis según Índice Sintético de Vulnerabilidad al mosquito Aedes (ISVA)

Bibliografía

1. Mejía-Jurado E, Echeverry-Cárdenas E, Aguirre-Obando OA. Potential current and future distribution for Aedes aegypti and Aedes albopictus in Colombia: important disease vectors. *Biological Invasions* 2024;26:7 [Internet]. 2024 Apr 28 [cited 2025 Jun 17];26(7):2119–37. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10530-024-03298-2>
2. Taylor L. Dengue and chikungunya cases surge as climate change spreads arboviral diseases to new regions. *BMJ* [Internet]. 2023 Mar 27 [cited 2025 Jun 16];380: p717. Available from: <https://www.bmj.com/content/380/bmj.p717>
3. Organización Mundial de la Salud. Iniciativa mundial contra los arbovirus [Internet]. 2022 [cited 2025 Jun 16]. Available from: <https://www.who.int/initiatives/global-arbovirus-initiative>
4. Organización Mundial de la Salud. La OMS insta a invertir en acciones de «Una sola salud» para mejorar la salud de las personas y del planeta [Internet]. 2023 [cited 2025 Jun 16]. Available from: <https://www.who.int/es/news/item/03-11-2023-who-urges-investing-in--one-health--actions-for-better-health-of-the-people-and-the-planet>
5. Padilla JC, Lizarazo FE, Murillo OL, Mendigaña FA, Pachón E, Vera MJ. Epidemiología de las principales enfermedades transmitidas por vectores en Colombia, 1990-2016. *Biomédica* [Internet]. 2017 Mar 29 [cited 2025 Jun 17];37(Sup. 2):27–40. Available from: <https://revistabiomedica.org/index.php/biomedica/article/view/3769/3723>
6. Instituto Nacional de Salud (INS). Estamos en año epidémico para dengue: INS. 2024 [cited 2025 Jun 17]; Available from: <https://www.ins.gov.co/Noticias/Paginas/INS-Estamos-en-a%C3%B1o-epid%C3%A9mico-para-Dengue.aspx>
7. Universidad de Antioquia. Dinámicas sociales y ambientales de las enfermedades transmitidas por vectores en Colombia [Internet]. [cited 2025 Jun 17]. Available from: <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/43160>
8. Lim A, Shearer FM, Sewalk K, Pigott DM, Clarke J, Ghouse A, et al. The overlapping global distribution of dengue, chikungunya, Zika and yellow fever. *Nat Commun* [Internet]. 2025 Apr 10 [cited 2025 Jun 17];16(1):3418. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40210848/>
9. Organización Panamericana de la Salud. <https://www.paho.org>. [cited 2025 Jun 17]. Dengue en las Américas. . Available from: <https://www.paho.org>

10. Mantilla-Granados JS, Montilla-López K, Sarmiento-Senior D, Chapal-Arcos E, Velandia-Romero ML, Calvo E, et al. Environmental and anthropic factors influencing Aedes aegypti and Aedes albopictus (Diptera: Culicidae), with emphasis on natural infection and dissemination: Implications for an emerging vector in Colombia. *PLoS Negl Trop Dis* [Internet]. 2025 Apr 1 [cited 2025 Jun 17];19(4):e0012605. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40198661/>
11. Lwande OW, Obanda V, Lindström A, Ahlm C, Evander M, Näslund J, et al. Global-Trotting Aedes aegypti and Aedes albopictus: Risk Factors for Arbovirus Pandemics. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases* [Internet]. 2020 Feb 1 [cited 2025 Jun 17];20(2):71–81. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31556813/>
12. Powell JR, Gloria-Soria A, Kotsakiozi P. Recent history of Aedes aegypti: Vector genomics and epidemiology records. *Bioscience* [Internet]. 2018 Nov 1 [cited 2025 Jun 17];68(11):854–60. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30464351/>
13. Garcia-Rejon JE, Navarro JC, Cigarroa-Toledo N, Baak-Baak CM. An updated review of the invasive aedes albopictus in the americas; geographical distribution, host feeding patterns, arbovirus infection, and the potential for vertical transmission of dengue virus. *Insects* [Internet]. 2021 Nov 1 [cited 2025 Jun 17];12(11). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34821768/>
14. Maguiña et al. Dengue clásico y hemorrágico: una enfermedad reemergente y emergente en el Perú [Internet]. [cited 2025 Jun 17]. Available from: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1018-130X2005000200006
15. CDC. Áreas con riesgo de dengue [Internet]. 2025 [cited 2025 Jun 17]. Available from: <https://www.cdc.gov/dengue/es/areas-with-risk/areas-con-riesgo-de-dengue.html>
16. Lim A, Shearer FM, Sewalk K, Pigott DM, Clarke J, Ghouse A, et al. The overlapping global distribution of dengue, chikungunya, Zika and yellow fever. *Nat Commun* [Internet]. 2025 Apr 10;16(1):3418. Available from: <https://www.nature.com/articles/s41467-025-58609-5>
17. Universidad del Rosario. Nueva variante del virus del Dengue en Colombia podría explicar el aumento de casos en el país, según estudio [Internet]. 2024 [cited 2025 Jun 17]. Available from: <https://urosario.edu.co/investigacion/ucd/salud-y-bienestar/nueva-variante-del-virus-del-dengue-en-colombia>

18. Ministerio de Salud y Protección Social. Lineamiento para la gestión y operación de los programas de enfermedades transmitidas por vectores y zoonosis y otras consideraciones para la ejecución de transferencias nacionales de funcionamiento 2025-2026. Bogotá D.C; 2025. p. 1–232.
19. Espinosa JQ. Dengue en Colombia: epidemiología de la reemergencia a la hiperendemia. Revista Salud Bosque [Internet]. 2015 Sep 5 [cited 2025 Jun 17];5(1):81–3. Available from: <https://revistas.unbosque.edu.co/index.php/RSB/article/view/186>
20. Organización Panamericana de la Salud. Dengue and dengue hemorrhagic fever in the Americas: guidelines for prevention and control. Scientific Publication;548 [Internet]. 1994 [cited 2025 Jun 17]; Available from: <https://iris.paho.org/handle/10665.2/40300>
21. Instituto Nacional de Salud. Informe de evento Enfermedad por Zika, Colombia, 2022 . [cited 2025 Jun 17]; Available from: <https://www.ins.gov.co/busquedas-eventos/Informesdeevento/ZIKA%20INFORME%202022.pdf>
22. Organización Panamericana de la Salud. Zika: Síntomas, Prevención y Tratamientos - OPS/OMS [Internet]. 2025 [cited 2025 Jun 17]. Available from: <https://www.paho.org/es/temas/zika#info>
23. Instituto Nacional de Salud (INS). Protocolo de vigilancia en salud pública. Enfermedad por virus Zika [Internet]. Bogotá D.C; 2024 Jun. Available from: https://www.ins.gov.co/busquedas-eventos/Lineamientos/Pro_Zika%202024.pdf
24. Instituto Nacional de Salud. Enfermedad por virus Zika en Colombia.2017. 2018 [cited 2025 Jun 17]; Available from: www.ins.gov.co/busquedas-eventos/Lineamientos/Pro_Zika%202017.pdf
25. Instituto Nacional de Salud. Protocolo de Vigilancia en Salud Pública. Enfermedad por virus Zika. 2024 [cited 2025 Jun 17]; Available from: https://www.ins.gov.co/busquedas-eventos/Lineamientos/Pro_Zika%202024.pdf
26. OPS/OMS | 56º Consejo Directivo [Internet]. [cited 2025 Jun 17]. Available from: https://www3.paho.org/hq/governing-bodies/14469_es_56o-consejo-directivo.html#gsc.tab=0
27. Instituto Nacional de Salud (INS). Protocolo de vigilancia en salud pública. Chikungunya [Internet]. Bogotá D.C; 2024 Jun. Available from: https://www.ins.gov.co/busquedas-eventos/Lineamientos/Pro_Chikungunya%202024.pdf

28. Khongwichit S, Chansaenroj J, Thongmee T, Benamanukul S, Wanlapakorn N, Chirathaworn C, et al. Large-scale outbreak of Chikungunya virus infection in Thailand, 2018-2019. *PLoS One*. 2021;16(3 March).
29. Cita sugerida: Organización Panamericana de la Salud / Organización Mundial de la Salud [Internet]. Available from: <https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2024/04/ben-699-se14.pdf>
30. European Centre for Disease Prevention and Control. Chikungunya worldwide overview. 2025 [cited 2025 Jun 17]. Chikungunya worldwide overview. Available from: <https://www.ecdc.europa.eu/en/chikungunya-monthly>
31. Padilla JC, Lizarazo FE, Murillo OL, Mendigaña FA, Pachón E, Vera MJ. Epidemiología de las principales enfermedades transmitidas por vectores en Colombia, 1990-2016. *Biomedica*. 2017;37.
32. Gómez M, Martínez D, Muñoz M, Ramírez JD. *Aedes aegypti* and *Ae. albopictus* microbiome/virome: ¿new strategies for controlling arboviral transmission? Vol. 15, *Parasites and Vectors*. 2022.
33. Ruiz-López F, González-Mazo A, Vélez-Mira A, Gómez GF, Zuleta L, Uribe S, et al. Presencia de *Aedes* (*Stegomyia*) *aegypti* (Linnaeus, 1762) y su infección natural con el virus del dengue en alturas no registradas para Colombia. *Biomédica* [Internet]. 2016 [cited 2025 Jun 17];36(2):303–8. Available from: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-41572016000200017&lng=en&nrm=iso&tlang=es
34. Ezeakacha NF, Yee DA. The role of temperature in affecting carry-over effects and larval competition in the globally invasive mosquito *Aedes albopictus*. *Parasit Vectors* [Internet]. 2019 Mar 19 [cited 2025 Jun 17];12(1). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30890161/>
35. Morgan J, Strode C, Salcedo-Sora JE. Climatic and socio-economic factors supporting the co-circulation of dengue, zika and chikungunya in three different ecosystems in Colombia. *PLoS Negl Trop Dis* [Internet]. 2021 Mar 1 [cited 2025 Jun 17];15(3). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33705409/>
36. Spiegel JM, Bonet M, Ibarra AM, Pagliccia N, Ouellette V, Yassi A. Social and environmental determinants of *Aedes aegypti* infestation in Central Havana: Results of a case-control study nested in an integrated dengue surveillance programme in Cuba. *Tropical Medicine and International Health* [Internet]. 2007 Apr [cited 2025 Jun 17];12(4):503–10. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17445141/>

37. Mulligan K, Dixon J, Sinn CLJ, Elliott SJ. Is dengue a disease of poverty? A systematic review. *Pathog Glob Health* [Internet]. 2015 [cited 2025 Jun 17];109(1):10–8. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25546339/>
38. Alvarado. Factores socioeconómicos y ambientales asociados a la incidencia de dengue: estudio ecológico en Costa Rica, 2016 [Internet]. 2019 [cited 2025 Jun 17]. Available from: https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-14292019000200227
39. Kourí. Sociedad, economía, inequidades y dengue [Internet]. 2007 [cited 2025 Jun 17]. Available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0375-07602007000300001
40. Rastreador de Acción Climática. Proyecciones de calentamiento para 2100: emisiones y calentamiento esperado según los compromisos y las políticas vigentes. Noviembre de 2021 En: <https://climateactiontracker.org/global/temperatures/>.
41. Thomson MC, Stanberry LR. Climate Change and Vectorborne Diseases. *New England Journal of Medicine* [Internet]. 2022 Nov 24 [cited 2025 Jun 17];387(21):1969–78. Available from: <https://www.nejm.org/doi/pdf/10.1056/NEJMra2200092>
42. Ostos O, Ostos O. Impacto del cambio climático en los vectores Aedes aegypti y Aedes albopictus y su importancia en su distribución geográfica en Colombia. *Biociencias (UNAD)* [Internet]. 2022 Dec 19 [cited 2025 Jun 17];6(1):49–68. Available from: <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/Biociencias/article/view/6275>
43. Kraemer MUG, Reiner RC, Brady OJ, Messina JP, Gilbert M, Pigott DM, et al. Past and future spread of the arbovirus vectors Aedes aegypti and Aedes albopictus. *Nat Microbiol* [Internet]. 2019 May 1 [cited 2025 Jun 17];4(5):854–63. Available from: <https://www.nature.com/articles/s41564-019-0376-y>
44. Santos LLM, de Aquino EC, Fernandes SM, Ternes YM, de Feres VCR. Dengue, chikungunya, and Zika virus infections in Latin America and the Caribbean: a systematic review. *Revista Panamericana de Salud Pública/Pan American Journal of Public Health*. 2023;47.
45. Dhimal M, Gautam I, Joshi HD, O'Hara RB, Ahrens B, Kuch U. Risk Factors for the Presence of Chikungunya and Dengue Vectors (Aedes aegypti and Aedes albopictus), Their Altitudinal Distribution and Climatic Determinants of Their Abundance in Central Nepal. *PLoS Negl Trop Dis* [Internet]. 2015 Mar 16 [cited 2025 Jun 17];9(3). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25774518/>

46. Organización Panamericana de la Salud. In: Documento operativo de aplicación del manejo integrado de vectores adaptado al contexto de las Americas [Internet]. 2019. <https://iris.paho.org/handle/10665.2/51760>.
47. Mordecai EA, Caldwell JM, Grossman MK, Lippi CA, Johnson LR, Neira M, et al. Thermal biology of mosquito-borne disease. *Ecol Lett* [Internet]. 2019 Oct 1 [cited 2025 Jun 17];22(10):1690. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6744319/>
48. Casadevall A. Climate change brings the specter of new infectious diseases. *Journal of Clinical Investigation* [Internet]. 2020 Feb 3 [cited 2025 Jun 17];130(2):553–5. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31904588/>
49. Suárez MF, Nelson MJ. Registro de altitud del Aedes Aegypti en Colombia. *Biomédica* [Internet]. 1981 Dec 1 [cited 2025 Nov 23];1(4):225–225. Available from: <https://revistabiomedica.org/index.php/biomedica/article/view/1809>
50. Padilla, Rojas, Sáenz, 2012. Dengue en Colombia: epidemiología de la reemergencia a la hiperendemia. [cited 2025 Jun 17]; Available from: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/INEC/INV/Dengue%20en%20Colombia.pdf>
51. Institut national de santé publique du Québec. The use of the concept of vulnerability in public health | Institut national de santé publique du Québec [Internet]. 2024 [cited 2025 Jun 16]. Available from: <https://www.inspq.qc.ca/en/publications/3310>
52. Clark B, Preto N. Exploring the concept of vulnerability in health care. *CMAJ : Canadian Medical Association Journal* [Internet]. 2018 Mar 19 [cited 2025 Jun 18];190(11):E308. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5860890/>
53. Munari SC, Wilson AN, Blow NJ, Homer CSE, Ward JE. Rethinking the use of ‘vulnerable.’ *Aust N Z J Public Health* [Internet]. 2023 Jun 1 [cited 2025 Jun 18];45(3):197. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9968560/>
54. Organización Mundial de la Salud. Vulnerability and Vulnerable Populations [Internet]. 2022 [cited 2025 Jun 18]. Available from: <https://wkc.who.int/our-work/health-emergencies/knowledge-hub/community-disaster-risk-management/vulnerability-and-vulnerable-populations>
55. Hammer CC, Brainard J, Innes A, Hunter PR. (Re-) conceptualising vulnerability as a part of risk in global health emergency response: updating the pressure and release

- model for global health emergencies. *Emerg Themes Epidemiol* [Internet]. 2019 Apr 8 [cited 2025 Jun 11];16(1):2. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6454779/>
56. OCDE. Handbook on Constructing Composite Indicators: Methodology and User Guide. *Handbook on Constructing Composite Indicators: Methodology and User Guide* [Internet]. 2008 Aug 22 [cited 2025 May 25]; Available from: https://www.oecd.org/en/publications/handbook-on-constructing-composite-indicators-methodology-and-user-guide_9789264043466-en.html
 57. NASA.The POWER Project. *NASA POWER | Prediction Of Worldwide Energy Resources* [Internet]. 2025 [cited 2025 Jun 8]. Available from: <https://power.larc.nasa.gov/>
 58. Ministerio de Salud y Protección Social SIN de S. Circular Conjunta 013 de 2023. [cited 2025 Jun 19]; Available from: https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Circular%20Conjunta%20Externa%20No.13%20de%202023.pdf
 59. Fusco E, Vidoli F, Sahoo BK. Spatial heterogeneity in composite indicator: A methodological proposal. *Omega (Westport)* [Internet]. 2018 Jun 1 [cited 2025 Jun 24];77:1–14. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0305048317302025>
 60. Organización Mundial de la Salud. Una sola salud [Internet]. 2023 [cited 2025 Jun 18]. Available from: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/one-health>
 61. Ministerio de Salud y Protección Social. Instituto Nacional de Salud. Lineamiento metodológico para la estratificación y estimación de la población en riesgo para arbovirosis en Colombia 2020-2023 [Internet]. 2022 [cited 2025 Jun 11]. Available from: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/ED/VSP/lineamiento-metodologico-estimacion-poblacion-arbovirosis-colombia-2020-2023.pdf>
 62. Gobierno Nacional declara emergencia sanitaria en todo el territorio nacional por aumento en los casos de fiebre amarilla [Internet]. [cited 2025 Jun 19]. Available from: <https://www.minsalud.gov.co/CC/Noticias/2025/Paginas/emergencia-sanitaria-en-todo-el-territorio-nacional-por-aumento-en-los-casos-de-fiebre-amarilla.aspx>

63. Diderichsen F, Hallqvist J, Whitehead M. Differential vulnerability and susceptibility: How to make use of recent development in our understanding of mediation and interaction to tackle health inequalities. *Int J Epidemiol [Internet]*. 2019 Feb 1 [cited 2025 Jun 11];48(1):268–74. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30085114/>
64. Instituto Nacional de Salud. Boletín Epidemiológico Semanal (BES):Dengue. 2025 Apr [cited 2025 Jun 23]; Available from: <https://www.ins.gov.co/BibliotecaDigital/2025-boletin-epidemiologico-semana-13.pdf>
65. Instituto Nacional de Salud. Dengue situación epidemiológica Colombia [Internet]. 2025 [cited 2025 Jun 23]. Available from: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiOTIxMzE4MGItNjg4MC00ZmUyLWIwMzctODhlOWFjNzMyZmViliwidCI6ImE2MmQ2YzdiLTlmNTktNDQ2OS05MzU5LTM1MzcxNDc1OTRiYilsImMiOjR9>
66. Alvis-Zakzuk J, Herrera Rodriguez M, Gómez - De la Rosa F, Alvis-Guzman N. Determinantes y Barreras Socioeconómicas del Acceso A Los Servicios de Salud en Las Regiones de Colombia. *Value in Health [Internet]*. 2015 Nov 1 [cited 2025 Jun 23];18(7):A849. Available from: <https://www.valueinhealthjournal.com/action/showFullText?pii=S1098301515024997>
67. Fundación Agencia de Desarrollo Territorial A. PLAN DE DESARROLLO ALMAGUER 2008-2011. 2012 [cited 2025 Nov 23]; Available from: <https://repositoriocdim.esap.edu.co/server/api/core/bitstreams/2ea0445d-8627-49e5-bd80-bebcd78d1191/content>
68. Colombia lidera estrategia regional contra la fiebre amarilla junto a Perú y Ecuador [Internet]. [cited 2025 Jun 19]. Available from: <https://www.ins.gov.co/Noticias/Paginas/Colombia-lidera-estrategia-regional-contra-la-fiebre-amarilla-junto-a-Per%C3%BA-y-Ecuador.aspx>