



Incidencia de dengue y su relación con indicadores sociodemográficos y ambientales durante la implementación de la estrategia *Wolbachia* en las comunas de Medellín: Estudio Ecológico Exploratorio 2018 - 2020

**Giovanny Rey Ardmirola
Julieth Patricia García Morales**

**Trabajo de grado para optar al título de
Administrador(a) en Salud con énfasis en Gestión Sanitaria y Ambiental**

**Asesora
Mónica Lucia Soto Velásquez
Magíster Epidemiología y Neuropsicología**

**Universidad de Antioquia
Facultad Nacional de Salud Pública
Administración en Salud: Énfasis en Gestión Sanitaria y Ambiental
Medellín
2023**

Cita	Rey Ardmirola y García Morales (1)
Referencia	(1) Rey Ardmirola G, García Morales JP. Incidencia de dengue y su relación con indicadores sociodemográficos y ambientales durante la implementación de la estrategia Wolbachia en las comunas de Medellín: Estudio Ecológico Exploratorio 2018 – 2020 [Pregrado]. Medellín. Universidad de Antioquia; 2023.
Estilo Vancouver/ICMJE (2018)	



Biblioteca Salud Pública

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

*A nuestros familiares quienes nos apoyaron con su afecto y dedicación en el
transcurso de nuestra carrera...*

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE TABLAS	5
LISTA DE FIGURAS	6
LISTA DE ANEXOS	6
GLOSARIO	7
Resumen	9
Summary	9
1. INTRODUCCIÓN	10
1.1 Planteamiento del problema	10
1.2 Pregunta de investigación	14
1.3 Justificación	14
2. OBJETIVOS	15
2.1 Objetivo general	15
2.2 Objetivos específicos	15
3. MARCOS DE REFERENCIA	16
3.1 Marco conceptual	16
3.2 Marco geográfico contextual	17
3.2.1 Indicadores ambientales	17
3.2.2 Indicadores sociodemográficos	18
3.3 Marco político	20
3.3.1 Importancia del dengue en los Análisis de Situación en Salud	20
3.3.2 Programas para el control del vector y la enfermedad	22
3.3.3 Estrategia <i>Wolbachia</i>	23
3.3.4 Otras estrategias	25
3.4 Estado del Arte	28
3.5 Marco normativo	32
3.6 Marco teórico metodológico	37
4. METODOLOGÍA	39
4.1 Consideraciones éticas	39
4.1.1 Principios éticos	39
4.1.2 Tratamiento de datos personales	39
4.1.3 Beneficios	39
4.1.4 Riesgos	40
4.1.5 Consentimiento informado	40

4.2 Características del proyecto	40
4.2.1 Población de referencia	41
4.2.2 Muestra.....	41
4.2.3 Criterios de inclusión y exclusión de los casos de dengue	41
4.2.4 Recolección de datos.....	41
4.2.5 Construcción indicadores ambientales geoclimáticos	43
4.2.6 Construcción de indicadores sociodemográficos	44
4.2.7 Análisis estadístico	45
4.2.7.1 Estimación de la TIA de dengue clásico.....	45
4.2.7.2 Obtención de los patrones de endemidad de dengue clásico	45
4.2.7.3 Análisis bivariado entre indicadores sociodemográficos o geoclimáticos e indicadores de la frecuencia de ocurrencia de dengue clásico.....	45
4.2.7.4 Análisis estratificado.	46
4.2.7.5 Matriz de correlaciones.	46
5. RESULTADOS.....	47
5.1 Descripción de la ocurrencia de dengue clásico en Medellín de 2018 a 2020 ...	47
5.1.1 Distribución acumulada de casos de dengue clásico a nivel nacional y departamental, municipal y por comunas en el periodo 2018-2020.	47
5.2 Relación TIA con indicadores ambientales y sociodemográficos.....	50
5.2.1 Dengue y altitud promedio (AltP)	50
5.2.2 Dengue y precipitación promedio.....	51
5.2.3 Dengue y temperatura ambiental promedio	52
5.2.4 Dengue y humedad relativa promedio.....	53
5.2.5 Dengue y Casos en Sexo femenino.....	53
5.2.6 Dengue y Casos en Sexo masculino	54
5.2.7 Dengue y Número de Pobres (NdP)	55
5.2.8 Dengue y Tasa de Educación Neta Total (TCEdNtTo).....	55
5.2.9 Dengue y Tasa de Homicidios (THom)	56
5.2.10 Dengue y Hogares sin servicios públicos (HsinSP).....	57
5.3 Análisis Estratificado	58
5.3.1 Dengue y precipitación promedio ajustados por altitud 2018 a 2020.....	58
5.3.2 Dengue y temperatura ambiental promedio ajustados por altitud 2018 a 2020. .	58
5.3.3 Dengue y humedad relativa promedio ajustados por altitud 2018 a 2020.	59
5.4 Matriz de correlaciones de la TIA de dengue clásico con indicadores ambientales y sociodemográficos en Medellín (2018 a 2020)	60

6.	DISCUSIÓN.....	61
6.	RECOMENDACIONES.....	68
7.	LIMITACIONES.....	69
9.	CONCLUSIONES.....	70
10.	AGRADECIMIENTOS.....	71
11.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	72
12.	ANEXOS.....	85

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Estado del Arte de los resultados de investigaciones sobre la epidemiología del dengue, publicadas y realizadas en Medellín	29
Tabla 2. Normas, decretos o leyes de importancia para el dengue y sus estrategias de contención	32
Tabla 3. Normas relacionadas con el PDSP y el POT	35
Tabla 4. Rangos de altitud por comunas.....	46
Tabla 5. Comparación de las tasas por 100.000 habitantes de la incidencia de dengue clásico a nivel nacional, departamental y municipal en el periodo 2018-2020.....	47
Tabla 6. Casos e incidencia por año de dengue en Medellín.....	48
Tabla 7. TIA y patrón de endemividad en las comunas de Medellín 2018 a 2020	49
Tabla 8. Liberaciones de mosquitos portadores de Wolbachia en las Comunas de Medellín (2018-2020).....	50
Tabla 9. Ocurrencia de dengue en las comunas de Medellín 2018 a 2020 por rangos de altitud promedio	51
Tabla 10. Ocurrencia de dengue en las comunas de Medellín 2018 a 2020 relacionados a la precipitación promedio.	52
Tabla 11. Ocurrencia de dengue en las comunas de Medellín 2018 a 2020 relacionados al valor mínimo de temperatura	52
Tabla 12. Ocurrencia de dengue en las comunas de Medellín 2018 a 2020 relacionados a la humedad relativa.....	53
Tabla 13. Ocurrencia de dengue en las comunas de Medellín 2018 a 2020 relacionados a la afiliación al sexo femenino.	54
Tabla 14. Ocurrencia de dengue en las comunas de Medellín 2018 a 2020 relacionados a la afiliación al sexo masculino ⁹	54
Tabla 15. Ocurrencia de dengue en las comunas de Medellín 2018 a 2020 relacionados al número de pobres.....	55
Tabla 16. Ocurrencia de dengue en las comunas de Medellín 2018 a 2020 relacionados a la Tasa de Educación Neta Total.....	56
Tabla 17. Ocurrencia de dengue en las comunas de Medellín 2018 a 2020 relacionados a la Tasa de Homicidio	56
Tabla 18. Ocurrencia de dengue en las comunas de Medellín 2018 a 2020 relacionados al índice de Hogares sin Servicios Públicos.....	57
Tabla 19. Ocurrencia de dengue en las comunas de Medellín 2018 a 2020 relacionados a la precipitación estratificada por altitud	58
Tabla 20. Ocurrencia de dengue en las comunas de Medellín 2018 a 2020 relacionados a la temperatura ambiental promedio estratificada por altitud	59
Tabla 21. Ocurrencia de dengue en las comunas de Medellín 2018 a 2020 relacionados a la humedad relativa promedio estratificados por altitud.....	59
Tabla 22. Matriz de correlaciones	60

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Evolución del dengue.....	17
Figura 2. Tasa de dengue, municipio de Medellín por cada 100.000 habitantes	21
Figura 3. Transmisión de Wolbachia entre mosquitos Aedes aegypti.	24
Figura 4. Intervenciones dirigidas contra los diferentes estadios del Aedes aegypti ...	26
Figura 5. Flujograma de la recolección y análisis de datos del proyecto	42
Figura 6. Esquema de construcción de los indicadores ambientales	43
Figura 7. Esquema de construcción de los indicadores sociodemográficos.	44
Figura 8. Rangos de TIA x 100000 habitantes en las comunas de Medellín (2018 a 2020)	48
Figura 9. Comparación de rangos de TIA de dengue clásico x 100000 habitantes (izquierda) y altitud promedio (derecha) en las comunas de Medellín (2018 a 2020)..	51

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Altitud Promedio en las comunas de Medellín, 2018 a 2020	85
Anexo 2. Precipitación promedio en las comunas de Medellín, 2018 a 2020.	85
Anexo 3. Temperatura ambiental promedio en las comunas de Medellín, 2018 a 2020	86
Anexo 4. Humedad relativa promedio en las comunas de Medellín, 2018 a 2020.....	86
Anexo 5. Casos sexo masculino en las comunas de Medellín, 2018 a 2020.....	87
Anexo 6. Casos sexo femenino en las comunas de Medellín, 2018 a 2020.	87
Anexo 7. Número de pobres en las comunas de Medellín, 2018 a 2020.....	88
Anexo 8. Tasa de educación neta en las comunas de Medellín, 2018 a 2020.	88
Anexo 9. Tasa homicidios en las comunas de Medellín, 2018 a 2020.	89
Anexo 10. Proporción de Hogares sin servicios públicos en las comunas de Medellín, 2018 a 2020.....	89

GLOSARIO

Aedes aegypti: Mosquito, principal vector en la transmisión a las personas virus como el Zika, el Dengue y el Chikungunya. Es originario de África, pero en la actualidad se encuentra en las regiones tropicales y subtropicales del planeta. Su expansión a diferentes lugares se debió a las migraciones humanas en masa, pues los huevos de mosquitos se transportaban en los depósitos de agua (1).

Altitud (Alti): Distancia vertical de un punto de la tierra respecto al nivel del mar, que se identifica habitualmente con el acrónimo msnm (metros sobre el nivel del mar) (2).

Caso de dengue (C): Caso de dengue confirmado por alguno de los criterios de laboratorio para el diagnóstico de dengue (3).

Cobertura de Educación Neta Total (TCEdNtTo): indicador del porcentaje de estudiantes en nivel educativo básico primaria y secundaria, que están en el rango de edad adecuado para dicho nivel con relación a la población en este mismo rango de edad (4).

Comunas: Unidad de división político – administrativa de la ciudad de Medellín. El número de comunas para la ciudad es de 16 y cuenta con un total de 249 barrios urbanos oficiales (5).

Estudio ecológico: modalidad de estudio epidemiológico que no se centra en la salud de un individuo, sino en la de uno o varios grupos de humanos, por lo que frecuentemente utilizado para investigaciones sobre salud ambiental debido a que utilizan bases de datos existentes y que pueden ofrecer diferentes criterios para evaluar la exposición de la población (6).

Hogares sin Servicios Públicos (HsinSP): indicador del porcentaje de hogares sin acceso a los servicios públicos domiciliarios: acueducto, alcantarillado, energía y recolección de basuras (7).

Humedad relativa promedio (Hum): indicador del porcentaje de humedad que contiene el aire con respecto al total que es capaz de contener como función de su temperatura y su presión. La relación porcentual entre la cantidad de vapor de agua que tiene el aire y el máximo que podría contener a una temperatura y presión determinada (8).

Incidencia (Inc): indicador de la frecuencia de casos nuevos de un evento, que se presentan en una población en un tiempo determinado, de ahí que para su cálculo se requiere un periodo de seguimiento (9).

Tasa de Incidencia acumulada (TIA): Esta medida tiene 3 componentes: numerador, denominador y tiempo. Generalmente para obtener esta medida se necesita tener un grupo de individuos que no tengan la enfermedad que se estudia, algunos de los cuales después de un tiempo determinado (por ejemplo, meses o años) pasan del estado de salud al de enfermedad (10).

Indicador cuantitativo: Expresión cuantitativa observable y verificable que permite describir características, comportamientos o fenómenos de la realidad. Esto se logra a través de la medición de una variable o una relación entre variables (11).

Indicadores ambientales: Herramienta que permite la monitorización a través de la recolección sistemática de datos obtenidos mediante mediciones u observaciones en series de espacio y tiempo y permitiendo rescatar información ambiental existente sobre un área específica (12). Pueden ser de tipo climático como la temperatura, la humedad o la precipitación, de tipo geológico como la altitud, entre otros (13).

Indicadores sociodemográficos: expresiones cuantitativas, que reflejan un panorama general sobre la evolución de los principales fenómenos sociales y demográficos (14), en esta categoría también se suelen agrupar los indicadores económicos (15) y de seguridad (16).

Precipitación promedio (Pre): Indicador ambiental, caracterizado por su alta variabilidad espaciotemporal, da cuenta de la variabilidad espaciotemporal de los recursos hídricos, y sus cambios tienen impacto en la hidrología y en la disponibilidad del agua (17).

Tasa de Homicidio (Thom): Indicador sociodemográfico, de las defunciones por homicidios en una población total o de determinado sexo y/o edad dividido por el total de esa población (18).

Temperatura promedio (Tem): Indicador ambiental que expresa el grado de frío o calor de los cuerpos o del ambiente, y cuya unidad en el sistema internacional es el Kelvin (K) (19) pero que puede ser medida en grados Celsius (°C), o Fahrenheit (°F).

Resumen

Antecedentes: El dengue es una amenaza para la salud pública mundial y como parte de las estrategias para el control de enfermedades vectoriales relacionadas con el mosquito *Aedes aegypti*, surgió el World Mosquito Program-WMP, el cual utiliza *Wolbachia*, un grupo de bacterias que no estaban presentes en *Ae. aegypti* hasta que fueron transfectados de manera estable en el laboratorio y que logran el control del Virus del Dengue además de inducir cambios en la progenie del vector mediante su feminización. Esta estrategia inició en Medellín en el año 2017. **Objetivo general:** Determinar la incidencia de casos por dengue en las comunas de Medellín y su relación con indicadores sociodemográficos y ambientales durante la implementación de la estrategia *Wolbachia* en el periodo 2018 - 2020. **Metodología:** se realizó un estudio ecológico de tipo grupos múltiples en el que se analizaron diferentes indicadores ambientales y sociodemográficos para comprobar tendencias mediante una descripción bivariada, una estratificada para los indicadores ambientales y una matriz de correlaciones de Spearman para datos no paramétricos. Las fuentes de información secundaria fueron las bases de datos del SIATA para los indicadores ambientales, y de SIVIGILA, y de la Alcaldía de Medellín para los sociodemográficos. **Resultados:** . La Tasa de Incidencia Acumulada (TIA) para el periodo 2018-2020 se redujo en toda la ciudad, tanto en las comunas donde se realizó liberación de mosquitos infectados con *Wolbachia* como en aquellas donde no liberaron. Se obtuvo correlación negativa ente TIA con con altitud promedio de $\rho=-61,2\%$ ($p=0,012$), con humedad relativa $\rho=63,7\%$ ($p=0,019$), con número de pobres de $\rho=-68,2\%$ ($p=0,004$) y hogares sin servicios públicos de $\rho= -56,4\%$ ($p=0,023$). **Conclusión:** Aunque TIA para el área urbana de Medellín, se redujo notablemente durante el periodo de 2018-2020 cuando se realizaron las liberaciones de mosquitos infectados con *Wolbachia*, esta reducción no fue homogénea y los resultados señalan que fue condicionada por aspectos contextuales, como los ambientales y sociodemográficos, que se correlacionaron con la variación observada en la TIA en las diferentes comunas, indicando que la reducción o eliminación del dengue requiere de respuestas socio-ambientales integrales.

Palabras clave: dengue, Incidencia, *Wolbachia*, Medellín, Indicadores Ambientales y Sociodemográficos

Summary

Background: Dengue is a threat to global public health and as part of the strategies for the control of vector diseases related to the *Aedes aegypti* mosquito, the World Mosquito Program-WMP emerged, which uses *Wolbachia*, a group of bacteria that were not present in *Ae. aegypti* until they were transected in a stable way in the laboratory and that achieve control of the Dengue Virus in addition to inducing changes in the progeny of the vector through its feminization. This strategy began in Medellín in 2017. **General objective:** To determine the incidence of dengue cases in the communes of Medellín and its relationship with sociodemographic and environmental indicators during the implementation of the *Wolbachia* strategy in the period 2018 - 2020. **Methodology:** a multi-group ecological study was conducted in which different environmental and sociodemographic indicators were analyzed to check trends through a bivariate description, a stratified one for environmental indicators and a matrix of Spearman's correlations for nonparametric data. The secondary sources of information were the SIATA databases for environmental indicators, and SIVIGILA, and the Mayor's Office of Medellín for sociodemographics. **Results:** . The Cumulative Incidence Rate (TIA) for the period 2018-2020 was reduced throughout the city, both in the communes where mosquitoes infected with *Wolbachia* were released and in those where they did not release. A negative correlation was obtained between TIA with an average altitude of $\rho=-61.2\%$ ($p=0.012$), with relative humidity $\rho=63.7\%$ ($p=0.019$), with a number of poor $\rho=-68.2\%$ ($p=0.004$) and households without public services of $\rho= -56.4\%$ ($p=0.023$). **Conclusion:** Although TIA for the urban area of Medellín, was significantly reduced during the period of 2018-2020 when the releases of mosquitoes infected with *Wolbachia* were made, this reduction was not homogeneous and the results indicate that it was conditioned by contextual aspects, such as environmental and sociodemographic, which correlated with the variation observed in the TIA in the different communes, indicating that the reduction or elimination of dengue requires comprehensive socio-environmental responses.

Keywords: dengue, Incidence, *Wolbachia*, Medellín, Environmental and Sociodemographic Indicators

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del problema

El dengue es una amenaza para la salud pública mundial, por lo que constituye un problema progresivo por su carga en morbilidad, mortalidad y su impacto a nivel social y económico. De acuerdo con Molineros y colaboradores, en el 2012 el dengue fue clasificado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) como la “enfermedad viral transmitida por mosquitos más importante en el mundo”, en el año 2013 se presentó el mayor reporte histórico con más de 2,3 millones de casos a nivel global (20). Según el artículo “Socioeconomic risk markers of arthropod-borne virus (arbovirus) infections: a systematic literature review and meta-analysis” publicado en el año 2022 en el Reino Unido, en donde examinaron empíricamente la relación entre los factores socioeconómicos y las infecciones causadas por siete arbovirus (dengue, Chikungunya, encefalitis japonesa, fiebre del Valle del Rift, Sindhis, virus del Nilo Occidental y Zika) con resultados variados, la síntesis descriptiva apuntó a un mayor riesgo de infección por arbovirus asociada con marcadores de posición socioeconómica (SEP) más baja, incluida una menor educación, pobreza de ingresos, baja cobertura de atención médica, materiales de vivienda deficientes, suministro de agua interrumpido, estado civil (casado, divorciado o viudo), etnias no blancas y estado migratorio. (21)

En las Américas se alcanzó un mayor número de casos registrados en la historia, con más de 2,7 millones, incluyendo 22.127 casos graves y 1.206 muertes reportadas hacia finales de octubre de 2019, según la última actualización epidemiológica de la Organización Panamericana de la Salud-OPS. A pesar del incremento en el número de casos en 2019, el intenso trabajo de los países consiguió mantener la tasa de letalidad, por debajo (0,05% en 2019) del 1% esperado (22). El aumento general del número de casos en las dos últimas décadas se explica en parte por el cambio en las prácticas en los países a la hora de registrar y notificar el dengue a los ministerios de salud y a la OMS. También representa el reconocimiento por parte de los gobiernos de la carga de morbilidad debida al Dengue y, por tanto, la pertinencia de notificarla. (23)

La OPS, citando al Dr. Max Ramiro Ochoa Ortega, especialista de II Grado en Medicina General Integral en su artículo de *Análisis sobre el dengue, su agente transmisor y estrategias de prevención y control*, esta enfermedad constituye uno de los mayores retos de la salud pública en la región tropical y subtropical, en zonas como América del Sur, Centroamérica, África, Asia, Oceanía en los que se presentan alrededor de 50 a 100 millones de casos anuales de fiebre por Dengue y 250.000 a 500.000 casos de fiebre hemorrágica por Dengue y síndrome de shock por dengue, de los cuales 25.000 fallecen. Se estima que el 40% de la población mundial corre el riesgo de contraer la enfermedad. En Asia, por ejemplo, es endémica la fiebre hemorrágica por Dengue y el síndrome de shock por dengue. En las Américas entre el 2001 y 2005 se notificaron casi 3 millones de casos de dengue, de los cuales 65.000 correspondieron al

hemorrágico y se produjeron 789 muertes. Antes de la segunda guerra mundial, el dengue fue reportado en todos los continentes, estas epidemias se manifestaban con un curso benigno con fiebre elevada y dolores osteomioarticulares. Después de 1945 con todo el fenómeno migratorio ocurrido durante la guerra se desarrollaron formas severas de dengue alrededor del mundo, y casos complicados por hemorragia y shock fueron documentados en el sureste de Asia (24).

La incidencia de dengue entre viajeros en el mundo está subregistrada debido a que esta condición no se notifica en muchos países, a pesar de esto, la enfermedad aumentó en este grupo, pasando de un 2% en la década del 90 a 16% en el 2012 (22).

En resultados de seroprevalencia en municipios con transmisión hiperendémica y mesoendémica, publicados en el año 2021 se señala que, en Colombia, el dengue representa un problema prioritario en salud pública y un evento de notificación obligatoria del SIVIGLA debido a su reemergencia desde el año 2015 y nuevamente en el 2019 y a la intensidad de su transmisión, la que tiene una tendencia al crecimiento. Esto se confirma: i) Por el aumento de la frecuencia de brotes de dengue grave y la circulación simultánea de diferentes serotipos; ii) Más del 90% del territorio nacional que está situado por debajo de los 2.200 msnm facilitando la circulación de *Aedes aegypti*, aumentando la posibilidad de infección por dengue; iii) La introducción de *Aedes albopictus*, iv) La urbanización de la población por problemas de violencia y v) El comportamiento de ciclos epidémicos cada dos o tres años, entre los que se destacan, la epidemia de 1977 y la de los años 2002, 2007 y 2010. La epidemia del 2010 se considera como la más grande registrada en Colombia con más de 150.000 casos confirmados, 217 muertes y circulación simultánea de los cuatro serotipos: Denv1-Denv4 (20).

La altitud es un factor que limita la distribución de *Aedes aegypti*. En el país se registra 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 (25). Según Castrillón J, Castaño J, Urcuqui S en un estudio del año 2015 llamado “dengue en Colombia: Diez años de evolución” En general, el dengue se ha comportado como una enfermedad endémica, con brotes epidémicos cíclicos, en casi todas las poblaciones por debajo de los 1.800 metros sobre el nivel del mar, lo que equivale a 900.000 km² de los 1.138.914 km² de extensión del país y donde viven aproximadamente 20.000.000 de personas. *Aedes aegypti* es el principal transmisor del dengue en Colombia, y se encuentra distribuido en casi 80% del territorio, situado entre 1.000 a 2.200 metros sobre el nivel del mar (26).

Los primeros casos de dengue en Antioquia se reportaron en 1975 en el municipio de Puerto Berrío, esta invasión de *Aedes aegypti* en el interior del país, se produjo a través de las rutas fluviales de los ríos Magdalena y Cauca. Entre 1976 y 1977 se presentó una gran epidemia y en los años 1978-1979 se incrementó el número de casos en el departamento, afectando principalmente las regiones de Urabá, Bajo Cauca, Occidente y Magdalena Medio. Desde entonces, Antioquia es considerada como una zona de riesgo para la

presentación de la enfermedad. Según los registros de la Dirección Seccional de Salud de Antioquia-DSSA, entre 1980 y 2003, la incidencia de dengue clásico en Antioquia osciló entre 18,5 y 183 casos por 100.000 habitantes, con picos epidémicos en los años 1983, 1988, 1998 y 2003 (27). El primer caso de dengue hemorrágico en Antioquia se presentó en 1989 en el municipio de Puerto Berrío; entre 1994 y 2003 la incidencia osciló entre 0,02 y 4,2 casos por 100.000 habitantes, registrándose en 1998 el mayor número de casos, con una letalidad del 6%, debido a una gran epidemia que afectó el departamento. De acuerdo con la presentación de casos en el año 2003, las regiones más afectadas fueron: Magdalena Medio, Nordeste, Occidente y Valle de Aburrá, con compromiso principalmente de la población entre 15 y 44 años (28). Para el año 2013, el Departamento de Antioquia registró 2.200 casos de dengue contra 670 que se presentaron en igual período del año anterior esto debido a la ola de calor por la que atravesó la región en ese periodo (29).

Medellín y Bello entre 2001-2007 fueron los municipios que más casos reportaron a nivel departamental (30). Medellín incluso se consideró como una de las ciudades colombianas “hiperendémicas” para dengue durante el 2015, lo cual fue evidenciado por el registro constante de casos con tendencia al crecimiento. Debido a la circulación de cuatro serotipos del virus, el número de personas afectadas menores de 15 años aumentó para el año 2015, presentando casos de dengue grave (31). En el año 2016, se presentó una epidemia de dengue, la cual también se había presentado durante el 2010 con más de 17.000 casos (32).

En Medellín, en el año 2011 se reportaron casos de dengue en todas sus comunas y en cuatro de sus corregimientos con excepción de Palmitas (33) lo cual puede estar relacionado con indicadores geoclimáticos tales como la altura sobre el nivel del mar, la temperatura y la humedad relativa. En la ciudad, componentes como su alta densidad poblacional y los problemas de abastecimiento de agua corriente, además de una alta presencia de recipientes con agua en las viviendas, han sido condicionantes de la transmisión del virus, así como el tiempo de exposición de sus habitantes según su ocupación y otros indicadores sociodemográficos como la edad, el sexo, la etnia y los grupos poblacionales. Es necesario mencionar que además de *Aedes aegypti*, también se ha reportado *Aedes albopictus*, que puede complejizar la situación epidemiológica (34). Sin embargo, la dinámica de la infección en las áreas urbanas y en particular en la ciudad de Medellín, es heterogénea ya que depende de sus barrios y sus factores de transmisión (35-36)

Según informe de la Secretaría Seccional de Salud y Protección Social de Antioquia, en su reporte de la semana epidemiológica seis de 2020 el departamento no registra incremento en los casos reportados por dengue, tampoco está en pico epidemiológico, sin embargo, permanece en alerta respecto al comportamiento de la enfermedad, esta entidad reportó 607 casos de la enfermedad y cero muertes por esta causa. Para la misma semana del año 2019 el reporte fue de 591 casos. Los municipios con mayor incidencia fueron:

Medellín con 178 casos, Apartadó con 83 casos y Turbo con 42 casos, esto gracias a los diferentes controles y estrategias que se han venido desarrollando como medidas para el autocuidado y la identificación de los principales signos de alarma, control químico en las zonas con elevado número de población afectada por la enfermedad e identificación y eliminación de potenciales criaderos del zancudo transmisor del dengue: *Aedes aegypti* (29).

A nivel global se han desarrollado una serie de estrategias tradicionales para el control de enfermedades vectoriales relacionadas con este vector como las cortinas y tules impregnados con insecticidas, la educación para la salud y participación comunitaria, uso de insecticidas específicos, manejo de reservorios, ovitrampas y larvitrapas. Posteriormente surgió el World Mosquito Program-WMP, el cual es una colaboración de investigación internacional que ha entregado un cambio en el paradigma en el control de las enfermedades arbovirales como el dengue, el Zika y el Chikungunya siendo considerada una estrategia innovadora. El método utiliza *Wolbachia*, un grupo de bacterias endosimbiontes intracelulares obligadas, que son comunes en diferentes especies de insectos pero que no estaban presentes en *Ae. aegypti* hasta que fueron transfectados de manera estable en el laboratorio. *Wolbachia* se hereda maternalmente y manipula la reproducción de los insectos, su presencia en este mosquito reduce su capacidad de transmitir diferentes virus, incluido el dengue (37).

La estrategia de *Wolbachia* se viene implementando en Medellín desde el año 2017 desde la parte académica, pero iniciando en una zona de liberación temprana en la región nororiental de la ciudad, específicamente en los barrios Manrique, Aranjuez, Santa Cruz y Popular, con rondas de liberaciones de mosquitos portadores de la bacteria en los años 2018 y 2019 (37). Según el reporte de vigilancia rutinaria de SIVIGILA, para 2016 había una tasa de incidencia de 613,49 casos de dengue por cada 100.000 habitantes, sin embargo, desde el 2017 la cifra ha decrecido en toda la ciudad, llegando en el 2020 a 21,24 y esto podría deberse a la implementación de la estrategia en Medellín. No obstante, entre 2013 y 2015, antes del proceso de implementación de la estrategia *Wolbachia*, un estudio comparó la incidencia de dengue entre los barrios de Medellín y encontró factores que expresan pobreza como la baja escolaridad, (OR=1,69; IC95% =1,09-2,63), estar afiliado al régimen subsidiado de salud, (OR=2,16; IC95% 1,41-3,32), una mayor proporción de viviendas en donde se almacenaba el agua (OR=1,69; IC95% 1,11-2,57) con proliferación de mosquitos adultos (OR=2,13) fueron factores asociados a una mayor incidencia de dengue (35).

En esta investigación se exploró la dinámica de los indicadores ambientales y sociodemográficos en las diferentes comunas de Medellín durante la implementación de la estrategia *Wolbachia*, para comprender como estos pudieron o no haberse relacionado para contribuir en la reducción de la incidencia de la enfermedad en el periodo comprendido entre 2018 y 2020.

1.2 Pregunta de investigación

¿Cuál es la relación entre la incidencia de Dengue y los indicadores sociodemográficos y ambientales durante la implementación de la estrategia *Wolbachia* en las comunas de Medellín 2018 - 2020?

1.3 Justificación

El dengue es una enfermedad considerada endémica en Medellín, por ello se han implementado diferentes tipos de estrategias para disminuir su afectación en la población local. De hecho, según las cifras de los últimos años, la incidencia de la enfermedad ha disminuido paulatinamente, sin embargo, las mayores variaciones se han dado desde el año 2017 en el cual se inició el proceso de la estrategia *Wolbachia* del World Mosquito Program en Medellín. Según algunos estudios, el mayor número de casos en la ciudad se ubican en barrios periféricos, en los cuales se pueden presentar problemas de cobertura del servicio de agua potable y otros condicionantes como el almacenamiento de agua potable en recipientes, la sobrepoblación y los asentamientos informales. Debido a ello sus residentes deben recoger agua en recipientes para satisfacer sus necesidades de alimentación o aseo, aumentando con ello la probabilidad de la llegada del mosquito vector *Aedes aegypti*, el cual es vector de otras enfermedades arbovirales como el Zika o el Chikungunya, por lo cual es conveniente analizar el entorno sociodemográfico y ambiental de las comunidades para comprender su dinámica y vulnerabilidad. Desde las mesas ambientales y desde el Programa de Eliminación de Vectores de la Secretaría de Salud de Medellín se ha seguido trabajando por la concientización de las comunidades para la eliminación de posibles criaderos en aguas retenidas en canaletas, cunetas, terrazas y patios. Se debe destacar además que el dengue es una enfermedad que puede aumentar los costos en la prestación de los servicios de salud debido a las hospitalizaciones en caso de dengue grave e incluso puede causar muertes de forma esporádica.

Este proyecto contribuye en la generación de conocimiento situado específicamente para Medellín, en tanto provee un análisis más detallado de los datos de fuente abierta procedentes de la Alcaldía y del Sistema de Vigilancia en Salud Pública-SIVIGILA sobre la incidencia de la enfermedad en la ciudad, estableciendo una relación con indicadores ambientales y sociodemográficos durante la implementación de la estrategia *Wolbachia* en Medellín, beneficiando con un nuevo análisis de datos a los investigadores del World Mosquito Program en cada comuna de la ciudad. Adicionalmente debido a que las enfermedades de origen vectorial normalmente se estudian los programas de salud ambiental, se ofrece un enfoque holístico con los dos tipos de indicadores, para verificar el estado de cada Comuna respecto al dengue Clásico y así tener un criterio epidemiológico para identificar cuáles requieren un refuerzo desde los entes gubernamentales, los investigadores o desde acciones de participación comunitaria.

El proyecto fue viable dado que se utilizaron datos abiertos anonimizados solicitados al Instituto Nacional de Salud de Colombia mediante correo electrónico sin implicar grandes costos o tiempos, y que en el pregrado de Administración en Salud con énfasis en Gestión Sanitaria y Ambiental los estudiantes fortalecieron sus capacidades en conocimientos sobre vigilancia epidemiológica, factores de riesgo del ambiente, métodos estadísticos, entre otros, teniendo el fundamento académico necesario para esta investigación, la cual servirá como requisito para la graduación y culminación de la carrera, aportando además nuevas posibilidades de investigación para los estudiantes de cohortes posteriores.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Determinar la incidencia de casos por dengue en las comunas de Medellín y su relación con indicadores sociodemográficos y ambientales durante la implementación de la estrategia *Wolbachia* en el periodo 2018 - 2020.

2.2 Objetivos específicos

- Estimar la incidencia de los casos de dengue en las 16 comunas de Medellín en el periodo de estudio.
- Describir indicadores sociodemográficos de los casos de dengue para las comunas de Medellín, en el periodo de estudio.
- Describir indicadores ambientales para las comunas de Medellín, en el periodo de estudio.
- Analizar la relación de los indicadores sociodemográficos y ambientales con los de incidencia por comuna en el periodo de estudio

3. MARCOS DE REFERENCIA

3.1 Marco conceptual

El dengue es una enfermedad viral aguda, transmitida por la picadura de hembras de mosquitos del género *Aedes*, principalmente por *Aedes aegypti*, que constituye hoy la arbovirosis más importante a nivel mundial en términos de morbilidad, mortalidad e impacto económico (36). El agente etiológico es el virus dengue, que es del género *Flavivirus* y posee cuatro serotipos (DENV1, DENV2, DENV3, DENV4), los cuales circulan simultáneamente en Colombia (37). El dengue es ocasionado por cualquiera de estos cuatro serotipos de virus y no desencadenan inmunidad cruzada, es decir que una persona puede infectarse y enfermar hasta cuatro veces. Como se puede observar en la figura 1, su período de incubación gira alrededor de los 7 días y la infección causada por el virus resulta en un amplio espectro de presentaciones clínicas, que van desde formas asintomáticas y subclínicas hasta cuadros muy graves con compromiso vascular, afectación de órganos y sistemas que se asocian a mortalidad (38). Para que en un lugar haya transmisión de la enfermedad tienen que estar presente de forma simultánea: el insecto vector, las condiciones ambientales para su reproducción y el huésped susceptible (37).

Existen además formas clínicas poco frecuentes, llamadas “atípicas” que resultan de la afectación especialmente intensa de un órgano o de un sistema, entre ellas la encefalopatía, la miocardiopatía o la hepatopatía por dengue, así como la afectación renal con insuficiencia renal aguda y otras que también se asocian a mortalidad (39). El dengue es una enfermedad muy dinámica, a pesar de ser de una duración corta de menos de una semana en el 90% de los casos aproximadamente. Su expresión puede modificarse con el paso de los días y puede también agravarse de manera súbita; por lo cual el enfermo necesita que el médico realice seguimiento, preferentemente en forma diaria (37). El curso de la enfermedad del dengue tiene tres etapas clínicas resumidas en la figura 1.

a. Etapa febril: tiene una duración variable y es asociada a la presencia del virus en sangre, denominada viremia. Como en otras enfermedades, la evolución hacia la curación pasa por la caída de la fiebre y durante la misma el enfermo va a tener sudoración, astenia o algún decaimiento, siendo una sintomatología transitoria. La caída de la fiebre se asocia al momento en que el paciente se agrava, y la defervescencia (transición de la etapa febril a la etapa afebril), anuncia el inicio de la etapa crítica de la enfermedad (37).

b. Etapa crítica: coincide con la extravasación de plasma y su manifestación más grave es el choque, que se evidencia con frialdad de la piel, pulso filiforme (rápido, débil y con poca amplitud), taquicardia (aumento de la frecuencia cardíaca) e hipotensión. A veces, con grandes hemorragias digestivas asociadas, así como alteraciones hepáticas y en otros órganos. El hematocrito se eleva en esta etapa y las plaquetas que ya venían descendiendo alcanzan sus valores más bajos (37). Puede pasar a una etapa de dengue Grave,

caracterizada además de los signos de la extravasación y del síndrome por choque también por hemorragias severas con compromiso hemodinámico, daño severo de órganos como daño hepático, daño del sistema nervioso central, corazón. Si estando en esta fase el paciente fallece, se considera como un caso de mortalidad por dengue (37).

c. Etapa de recuperación: generalmente se hace evidente la mejoría del paciente, pero en ocasiones existe un estado de sobrecarga líquida, o puede ocurrir alguna coinfección bacteriana (37).

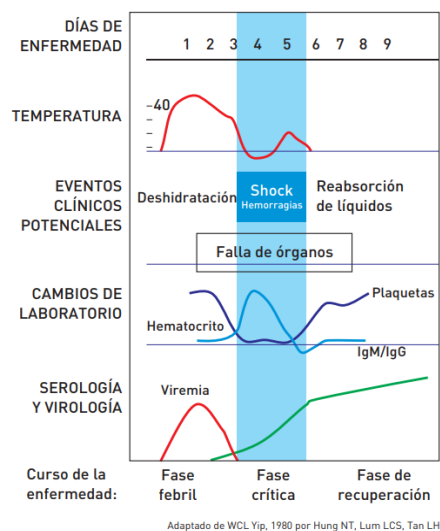


Figura 1. Evolución del dengue

3.2 Marco geográfico contextual

3.2.1 Indicadores ambientales

La epidemiología del dengue está determinada por una interacción compleja entre la biología del vector, del patógeno y del huésped, y los indicadores macro y microclimáticos, sociales y del entorno físico (40,41). La heterogeneidad de brotes y epidemias en espacio y tiempo que varían entre regiones, el comportamiento cíclico de la enfermedad ligado directamente a la variación en el clima, y también ligado a factores que no están totalmente esclarecidos, implican la persistencia de la enfermedad y la carga económica que esto conlleva. Si bien la enfermedad deriva de la relación virus-vector-humano, se siguen presentando brotes y epidemias relacionadas con el comportamiento climático a pesar de los esfuerzos de control. Además, la ubicación geográfica y la presencia del vector en un área determinada son piezas clave para la ocurrencia de casos de la enfermedad (42)

Las condiciones ambientales directamente relacionadas y que favorecen la reproducción biológica de *Ae. aegypti*, son la altitud, la temperatura, la humedad relativa y la pluviosidad, entre otros (43-45). El territorio colombiano se extiende

desde los 4° 13' 30" de latitud sur, hasta los 12° 27' 46" de latitud norte, y desde los 66°50'54" hasta 79°0'23" de longitud oeste (46). Esta ubicación en el área tropical ofrece adecuadas condiciones ecológicas para la transmisión de la enfermedad. La altitud es un factor que limita la distribución de *Ae. aegypti* (47), de hecho, en el país se registra 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 (48). En el caso de Medellín y de los municipios del Valle de Aburrá que es confinado por montañas continuas, esta altura oscila entre 1.300 y 2.800 msnm (49).

Algunas investigaciones sugieren que la temperatura puede ser más relevante que las demás variables ambientales ya que afecta diferentes aspectos relacionados directa e indirectamente con la transmisión, desde factores relacionados al ciclo de vida del mosquito hasta la relación directa del virus con el vector; e incluso, afectar la conformación estructural del virión. Tal multiplicidad de factores relacionados con la transmisión que son regulados por la temperatura no sucede con las demás variables climáticas (50). Principalmente influye en el desarrollo larvario y en la replicación del virus en el vector. El aumento de la temperatura reduce la producción de larvas de *Ae. aegypti* y afecta finalmente la talla del adulto; ésta se compensa con aumento del número de picaduras, para colmar las necesidades de alimento, y con una reducción del periodo de incubación extrínseco que puede permitir el incremento de la población de vectores infectados y, por ende, la tasa potencial de transmisión (51,52). Las variaciones climáticas producidas por el calentamiento global del planeta, o las generadas por el fenómeno del 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 (53-55). En la mayoría de las áreas de Colombia con transmisión endémica de dengue, las temperaturas varían entre 15 y 40 °C, con un promedio de 27°C, la humedad relativa es moderada a alta y la pluviosidad es variable (25). En general el Valle de Aburrá cuenta con una precipitación promedio de 1.263 mm/año y una temperatura ambiental promedio de 13 a 24°C (49), teniendo alta relevancia respecto a la variación de la humedad relativa en cada sector.

3.2.2 Indicadores sociodemográficos

Se ha documentado que uno de los aspectos que más ha contribuido al mantenimiento de la transmisión endémica y epidémica de dengue en las Américas, es la creciente urbanización de la población (56,57). Cerca del 80% de la población colombiana vive en las principales cabeceras urbanas de las ciudades latinoamericanas (58), y, por ello, hay una mayor cantidad de población expuesta a la picadura de *Ae. aegypti* infectados con los diferentes serotipos circulantes en el territorio. Es una tendencia que se ha mantenido en los últimos años como consecuencia de las corrientes migratorias de las poblaciones rurales, por los desplazamientos ocasionadas por el conflicto social armado, por la falta de oportunidades laborales y económicas en el campo y por los problemas de seguridad (54). Este tipo de urbanización se ha producido en las cabeceras municipales, en la mayoría de los municipios endémicos, en forma

desordenada, acelerada y sin ningún tipo de planificación y Medellín no es la excepción. Esto ocasiona dificultades a las administraciones municipales para poder atender la demanda, la cobertura, la frecuencia y la calidad de los servicios sanitarios, como el agua y la recolección y disposición de residuos (59,60). El suministro deficiente de agua potable en muchos municipios en riesgo obliga a la población a buscar como solución inmediata el almacenamiento de agua para el consumo humano y uso doméstico, utilizando numerosos y diversos tipos de recipientes, lo que determina la proliferación de criaderos potenciales del vector (25).

Adicionalmente, las condiciones, modos y estilos de vida de la población, determinan la cantidad de personas expuestas a las picaduras de los mosquitos, y un mayor contacto entre el hombre y el vector infectado con los diferentes serotipos de dengue circulantes, en las condiciones de transmisión existentes (61,62). De hecho, aunque la cobertura y accesibilidad al Sistema General de Seguridad Social en Salud (SGSSS) es buena para la población del área urbana, existen algunas dificultades para acceder a la atención médica oportuna y también persiste una baja sensibilidad del personal médico para identificar los casos y los signos de alarma; se observa escaso cumplimiento de la aplicación de las guías clínicas oficiales de atención integral, lo que conlleva a prácticas y decisiones médicas inadecuadas durante el manejo clínico, que influyen en el pronóstico de los casos con aumento de la frecuencia de las formas graves y muertes producidas por dengue (63). Se calcula que en Colombia los costos institucionales generados por las acciones de prevención y control de dengue en la pasada década estuvieron alrededor de US\$ 300 millones y, en 2010, los costos aproximados por atención de los pacientes con dengue durante la epidemia de dicho año se estimaron en cerca de US\$ 90 millones; esta cifra supera 10 veces el costo de la atención durante los periodos de transmisión endémica o interepidémica; se estima que el costo anual de la enfermedad en las Américas, en promedio, es de US\$ 2,1 billones, con un rango entre US\$ 1 y US\$ 4 billones (25).

Medellín es una ciudad de paradojas debido a que presenta una estructura urbana de calidad aceptable, en medio de una gran segmentación espacial que confina a cerca de un millón de personas lejos de los equipamientos colectivos, en zonas de alto riesgo o con signos visibles de deterioro. Es reconocida en Colombia como la de mayores avances en su planeación urbana y en su plataforma competitiva, pero, al mismo tiempo, es identificada como una ciudad de grandes desequilibrios sociales. El último Informe sobre Desarrollo Humano de las Naciones Unidas la sitúa en una de las regiones más inequitativas de América Latina. Proliferan actividades informales, de gran inestabilidad y precariedad en los ingresos, mientras existe una deficiente atención básica en salud (64), todo lo anterior evidenciado en las marcadas diferencias entre cada comuna de la ciudad.

Indicadores como el Número de pobres y los Hogares sin Servicios Públicos pueden tener una relación negativa con la incidencia del dengue. Es decir, entre mayor cobertura de cada servicio público, menor incidencia de la enfermedad.

Según memorias de grado presentado por el estudiante Juan Camilo Prieto de la Facultad de Economía, Universidad de los Andes en el año 2016 se encontró que la pobreza, medida a partir de las necesidades básicas insatisfechas (NBI), tiene una relación negativa con la incidencia del Zika, Chikungunya y dengue que se analizaron. Adicionalmente, la cobertura de los servicios, por lo general, tuvo efectos nulos y, cuando eran significativos, tuvieron un coeficiente positivo. (65)

3.3 Marco político

3.3.1 Importancia del dengue en los Análisis de Situación en Salud

La generación de evidencia sobre el perfil epidemiológico de las poblaciones es fundamental para poder diseñar intervenciones y políticas públicas que impacten positivamente la salud de las personas. La reducción de las profundas inequidades sociales en salud en Colombia requiere, entre otras cosas, de información veraz y evidencia de alta calidad que permita identificar los temas prioritarios y los grupos de población a los que más afecta dichas inequidades. En este sentido, es fundamental la implementación de enfoques analíticos como el Análisis de Situación de Salud-ASIS, que, organizado bajo la rectoría del Ministerio de Salud y Protección Social-MSPS, incluye la perspectiva de los determinantes sociales de la salud-DSS y tiene como objetivo priorizar los temas de interés en salud pública en los diferentes niveles territoriales (nacional, departamental y municipal) (66).

Un avance significativo en la agenda de Salud Pública del país fue la definición del Plan Decenal de Salud Pública 2012-2021-PDSP que, de acuerdo con la tendencia en Salud Pública internacional y los lineamientos de la Organización Mundial de la Salud-OMS, acogió el modelo de DSS propuesto por la Comisión de Determinantes Sociales de la Salud-CDSS, como eje articulador de la intervención en Salud Pública. Esto implica realizar el análisis y la intervención de “las causas de las causas” de la enfermedad desde una perspectiva que va más allá del individuo y de la misma enfermedad. Bajo este enfoque, resulta fundamental la comprensión del papel del contexto socioeconómico, político y cultural, cuya configuración ocasiona la distribución desigual del poder y la riqueza, mecanismos que determinan la generación y perpetuación de las inequidades sociales en salud, debido a la afectación diferencial de los grupos más vulnerables. (67)

La OMS indica que la urbanización especialmente la no planificada, está asociada a la transmisión del dengue en función de múltiples factores sociales y ambientales: densidad de población, movilidad humana, acceso a fuentes de agua fiables, prácticas de almacenamiento de agua, entre otros. Los riesgos de la comunidad frente al dengue también dependen de los conocimientos, la actitud y las prácticas de la población frente al dengue, así como de la ejecución de actividades rutinarias de control vectorial sostenibles en la comunidad. Por tanto,

los riesgos relativos a la enfermedad pueden cambiar y desplazarse con el cambio climático en las zonas tropicales y subtropicales, y los vectores pueden adaptarse al nuevo entorno y clima. (67)

Según el último reporte de Análisis de Situación en Salud para el Departamento de Antioquia 2020 las exposiciones rábicas, malaria, intoxicaciones por sustancias químicas, la varicela, el dengue, las enfermedades huérfanas raras, el VIH/SIDA y la tuberculosis, hacen parte de los eventos con mayor notificación e incidencia en el Departamento (68).

La distribución del dengue en 2019 no fue epidémica para el territorio antioqueño, según el SIVIGILA, en el Departamento se reportaron 5.061 casos, de los cuales el 47% corresponden a dengue sin signos de alarma, el 52,1% con signos de alarma, el 0,7% a dengue grave y el 0,1% a muertes por dengue. Según el DANE, para el 2019 no se registraron muertes por esta causa, sin embargo, por el sistema de vigilancia epidemiológica se identificaron 5 muertes con prueba de laboratorio positiva y una muerte probable, procedentes de la zona de Urabá. Las subregiones con el mayor número de casos de dengue reportados son Urabá con 1.585 casos, la cual aporta el 31,3% de los casos notificados y Valle de Aburrá con 1.566, lo que equivale al 30,9% del total de los casos en el Departamento. Con respecto a las acciones de vigilancia realizadas desde el Laboratorio Departamental de Salud Pública de Antioquia, se procesaron un total de 1.551 muestras de pacientes sospechosos para dengue, de los cuales el 40% fue positivo para el evento. (69)

Con respecto al municipio de Medellín, el último reporte de Análisis de Situación de Salud con el Modelo de los Determinantes Sociales de Salud 2020 registra que, teniendo en cuenta el comportamiento de la morbilidad entre los años 2005 y 2019, se identificó el dengue como una prioridad a ser abordada dentro de los eventos de notificación obligatoria Antioquia, Medellín, 2019 debido a que presentó una tasa de incidencia superior observada en el departamento. La morbilidad atendida por dengue del departamento para el año 2019 fue de 98,6 mientras que la del Municipio de Medellín en el mismo periodo se situó en 50,9 (69). En la Figura 2, se muestra la Tasa de Incidencia de dengue para el municipio de Medellín para los años comprendidos entre 2012 y 2021 por cada 100.000 habitantes en donde se observa un aumento durante el primer quinquenio, un pico para el año 2016 y una tendencia a la baja para el quinquenio siguiente.

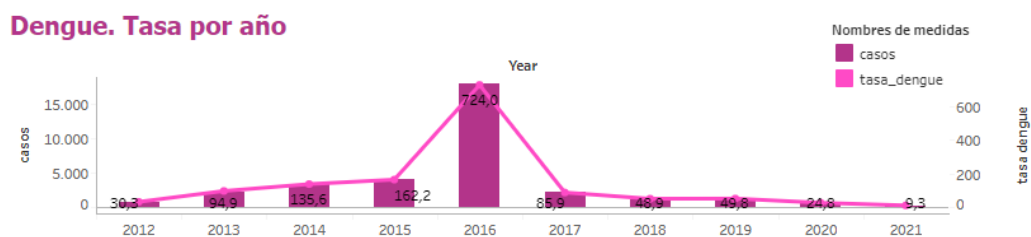


Figura 2. Tasa de dengue, municipio de Medellín por cada 100.000 habitantes

Fuente: SIVIGILA, Sistema de Vigilancia Epidemiológica.

La ciudad cuenta con condiciones de vida superiores a otros sitios del Departamento, e incluso del país; sin embargo, aun concomitan condiciones de índole transmisible y crónicas no transmisibles, que dan cuenta de un proceso de transición epidemiológica y demográfica, reflejado en los resultados de salud en morbilidad. Aunque desde la gerencia se han definido prioridades para cada dimensión del Plan Decenal de Salud Pública, específicamente el proyecto de Control y gestión integral para la prevención y control de enfermedades transmitidas por vectores y zoonosis de la dimensión Ambiental, esta situación hace que las acciones de salud pública sean complejas para la Administración Municipal a través del trabajo articulado con los diferentes sectores para el abordaje de los determinantes sociales de la salud y los resultados a nivel del estado de salud. De esta forma la ciudad contiene diversidad de sus diferentes subterritorios que implican trazar estrategias con enfoque diferencial que permiten el cubrimiento a de varias problemáticas a la vez. (70)

3.3.2 Programas para el control del vector y la enfermedad

Según la Organización Mundial de la Salud, cuando una persona sabe que tiene dengue, debe evitar que le piquen más mosquitos durante la primera semana de enfermedad. Es posible que el virus circule en la sangre durante este periodo, por lo que esta persona podría transmitir el virus a otros mosquitos no infectados, que a su vez podrían infectar a otras personas. La proximidad de las viviendas a los lugares de cría de los mosquitos vectores es un importante factor de riesgo para el dengue. Hoy por hoy, el método principal para controlar o prevenir la transmisión del Virus del Dengue consiste en luchar contra los mosquitos vectores (66).

De igual forma se debe garantizar la protección personal contra las picaduras de mosquito: utilizando medidas de protección personal en el hogar, como mosquiteros en las ventanas, repelentes, espirales y vaporizadores. Estas medidas deben observarse durante el día tanto dentro como fuera del hogar (por ejemplo, en el trabajo o la escuela) ya que los principales mosquitos vectores pican durante todo el día, llevar ropa que reduzca al mínimo la exposición cutánea a los mosquitos. Otra de las acciones con importante relevancia consiste en la implicación comunitaria: informando a la comunidad sobre los riesgos de las enfermedades transmitidas por mosquitos y colaborando con la comunidad para mejorar su participación y movilización a fin de lograr un control permanente de los vectores. Como ultima estrategia se debe vigilar activamente de los virus y los mosquitos: vigilar activamente la abundancia de vectores y las especies presentes para determinar la eficacia de las intervenciones de control, supervisar prospectivamente la prevalencia de virus en la población de mosquitos, llevando a cabo un análisis activo de las recolecciones de mosquitos centinela y combinar la vigilancia de los vectores con la vigilancia clínica y ambiental. Por otro lado, deben continuar las investigaciones de grupos de colaboradores internacionales para buscar nuevas herramientas y estrategias innovadoras que contribuyan a las iniciativas mundiales dirigidas a interrumpir la transmisión del Dengue y logren intervenciones sostenibles, eficaces y adaptadas al contexto local. (66)

3.3.3 Estrategia *Wolbachia*

El Programa Mundial del Mosquito (World Mosquito Program WMP), conocido anteriormente como el Programa para Eliminar el dengue es un consorcio de investigación sin ánimo de lucro que opera en diferentes países, tales como Indonesia, India, México, Brasil, Colombia, entre otros, y tiene como objetivo desarrollar *Wolbachia* como una intervención para controlar la transmisión por mosquitos de virus como el dengue, el Zika y el Chikungunya. La característica clave del programa es la liberación intencional de mosquitos infectados con la bacteria *Wolbachia* la cual evita la en áreas objetivo mediante las cuales luego se transmitirá en las poblaciones silvestres de mosquitos *Aedes*, particularmente en *Ae. aegypti*, estableciéndose y manteniéndose durante varias generaciones, incluso si la cepa *Wolbachia* coloca una carga genética leve en el mosquito que infecta (70). Dado que *Wolbachia* está presente en el entorno natural, es muy intuitivo que los riesgos para el medio ambiente o la salud humana asociados con su introducción en las zonas urbanas, deben ser mínimos y por ende está respaldado por un análisis de riesgos independiente (71).

El atributo principal de *Wolbachia* es su capacidad demostrada para interferir con la replicación de patógenos transmitidos por mosquitos *Aedes*. Esto incluye Flavivirus como el dengue, el Nilo Occidental y el Zika (72-76), alfavirus como el Chikungunya (77), así como una variedad de otros virus y parásitos (78). El análisis de los datos de bloqueo del dengue donde los mosquitos se han alimentado con sangre de pacientes con dengue indica que se puede predecir que el establecimiento de *Wolbachia* en las poblaciones de *Aedes aegypti* reducirá el dengue en más del 70%, lo que en la mayoría de los entornos epidemiológicos debería detener por completo la transmisión local del dengue (79).

Las bacterias *Wolbachia* son intracelulares y se encuentran en muchas especies de artrópodos y nemátodos. Manipulan la reproducción de sus huéspedes artrópodos de varias maneras, pueden desempeñar un papel en la especiación del huésped y tienen aplicaciones potenciales en el control biológico de plagas. Las estimaciones sugieren que al menos el 20% de todas las especies de insectos están infectadas con *Wolbachia* sin intervención antropogénica (80). Este tipo de bacteria ha sido de interés para los biólogos durante muchos años debido a las formas inusuales en que manipula la reproducción de insectos huéspedes para garantizar su transmisión eficiente a las poblaciones. *Wolbachia* no es infecciosa, sino que se hereda maternalmente a través del citoplasma del huevo del insecto como se puede observar en la figura 3. Ha desarrollado mecanismos para transmitirse de manera muy eficiente a las poblaciones huéspedes favoreciendo directa o indirectamente a los insectos hembra que portan la bacteria para dejar más descendencia que sus contrapartes no infectadas (81).

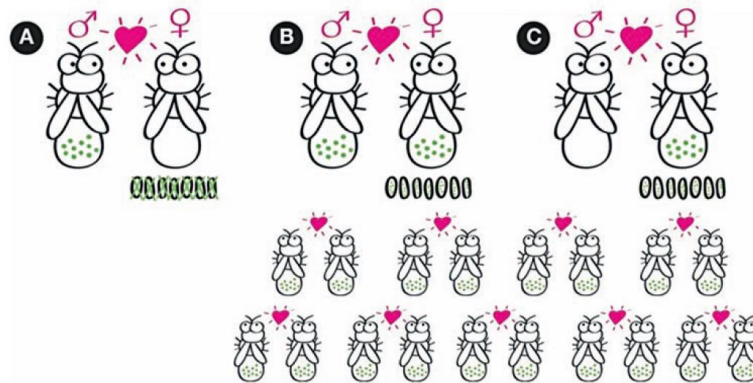


Figura 3. Transmisión de *Wolbachia* entre mosquitos *Aedes aegypti*.

(A) Los mosquitos macho son liberados sistemáticamente en una zona, apareándose con hembras silvestres, estos huevos no producen crías reduciendo la población de *Ae. aegypti*. (B) *Wolbachia* es introducida en los huevos de mosquitos macho y hembra, de estos huevos nace una progenie con *Wolbachia*, de los cuales suelen liberarse los machos principalmente. (C) Las hembras no son liberadas, pero son utilizadas para la reproducción en el laboratorio. Adaptado de: CDC/World Mosquito Program

Wolbachia tiene la capacidad para inducir diversos fenotipos reproductivos en sus hospederos, como feminización, muerte de machos, partenogénesis, e incompatibilidad citoplasmática (82-84) siendo este último fenotipo la clave que utiliza la bacteria para aumentar su proporción en las poblaciones de mosquitos y así asegurar su propagación (85). De igual forma, *Wolbachia* puede inhibir la replicación viral, lo cual ocasiona la reducción de la transmisión del Virus del Dengue a través del mosquito. Esto lo realiza compitiendo por espacio y nutrientes que podría ocupar el virus, o estimulando el sistema inmune del mosquito, de manera que produzca ciertos péptidos antimicrobianos que inhiben la replicación viral (86).

Ae. aegypti no porta la bacteria de forma natural, los embriones de sus huevos pueden ser infectados mediante microinyecciones (86). Existen 2 cepas de *Wolbachia* que han sido introducidas a los mosquitos *Aedes aegypti*, y son *WMeI* y *WMeIPop*, cada una con diferentes mecanismos en la reducción de la transmisión viral, pero con la capacidad de conferir protección ante la infección del Virus del Dengue (87).

La estrategia se podría resumir en introducir la bacteria *Wolbachia*, presente naturalmente en algunos insectos a los *Aedes aegypti*, que carecen de esta, y liberarlos en diferentes comunidades para que se apareen con los mosquitos silvestres y transfieran la *Wolbachia* a las nuevas generaciones. Con el tiempo, el porcentaje de mosquitos que portan la bacteria reemplaza a la población silvestre y permanece estable sin tener que hacer otras liberaciones. En Colombia se han hecho estudios piloto (más de 20.000 estaciones de liberación de mosquitos infectados con la bacteria) en el barrio París de Bello, en 2014; en Bello en 2016, en Medellín en 2017, y en Itagüí y Sabaneta en 2019 (88). La implementación y desarrollo de la estrategia ha sido liderada por el Programa de Estudio y Control de Enfermedades Tropicales-PECET de la Universidad de Antioquia-UdeA. La prevalencia de *Wolbachia* se monitorea a través de una red de trampas para mosquitos adultos BG-Sentinel (BioGents) que están espaciadas uniformemente a una densidad de aproximadamente 16 trampas BG

por km². Las trampas BG se revisan semanalmente, con mosquitos atrapados y cribados para *Wolbachia* a intervalos semanales, quincenales o mensuales a lo largo de la duración del estudio, dependiendo de la etapa de liberación y del establecimiento (89). Las trampas BG-Sentinel que no atrapan ningún mosquito en tres semanas consecutivas se trasladan a otro lugar. Los mosquitos atrapados se identifican mediante microscopía individual. Los mosquitos, tanto machos como hembras son probados para *Wolbachia* mediante un ensayo cuantitativo de reacción en cadena de la polimerasa (qPCR). La prevalencia de *Wolbachia* en *Aedes aegypti* tamizado se notifica agregando el nivel de zona, incluyendo la zona de liberación temprana y tardía en el área de control de casos que está en el sector nororiental de la ciudad (Aranjuez, Manrique, Santa Cruz y Popular) o en cada comuna de la ciudad donde se han hecho liberaciones (90).

3.3.4 Otras estrategias

Las intervenciones disponibles se pueden clasificar según el estadio del vector al cual están dirigidas (huevo, larva, pupa o adulto), el tipo de control o las opciones (físico-mecánico, ambiental, biológico, químico, conductual, genético, etc.), la forma de aplicación (aérea, terrestre, espacial, focal o dirigida) y el usuario (responsable) o nivel de aplicación (individual, familiar, vivienda, barrio, localidad, municipio). (91)

La diversidad de contenedores de agua disponibles en ambientes urbanos ha generado una gama muy extensa de herramientas para acotar su función como criaderos de mosquitos: desde las medidas específicas, como la manipulación física (tapar, voltear, lavar o eliminar criaderos), las intervenciones biológicas (aplicación de peces, copépodos, bacterias, etc.) o la aplicación de larvicidas químicos, hasta medidas más integrales como las estrategias educativas (promoción de prácticas, cambio de conductas) y las modificaciones ambientales (campañas de limpieza, ingeniería sanitaria básica) (Fig. 4). (91)

En el caso de las intervenciones dirigidas a la fase adulta, los insecticidas han sido la intervención de primera elección, si bien la capacidad de los profesionales de campo para aplicarlas de acuerdo con los requisitos técnicos ha sido limitada. No obstante, hay otras herramientas diseñadas para incidir sobre la oviposición (trampas), impedir la emergencia a la fase adulta (poliestireno, tapas o mallas en recipientes), evitar el contacto con el humano (repelentes, mallas y cortinas) o limitar su sobrevivencia (insecticidas). Todas ellas se han visto beneficiadas y fortalecidas con el componente de participación comunitaria y movilización social (Fig. 4). (91)



Figura 4. Intervenciones dirigidas contra los diferentes estadios del *Aedes aegypti*

Fuente: Achee NL, Gould F, Perkins TA, Reiner RC Jr, Morrison AC, Ritchie SA, et al., A Critical Assessment of Vector Control for dengue Prevention. PLoS Negl Trop Dis 2015; 9 (5): e0003655.

En el ámbito local, adicional a *Wolbachia*, se han implementado una serie de estrategias que contribuyen a la prevención del dengue, una de ellas es la creación de los Comités Estudiantiles Anti dengue (CEA) los cuales son una estrategia de la Alcaldía de Medellín para ayudar a prevenir el dengue en los establecimientos de educación; las principales acciones de prevención son: eliminar aguas retenidas en canaletas, cunetas, terrazas y patios; ubicar los recipientes boca abajo; tapar las canecas de agua; cambiar el agua de los floreros dos veces por semana y lavar sus paredes y superficies; también, eliminar llantas y basura acumulada. De esta manera, se evitarán criaderos y, por ende, los zancudos transmisores de esta enfermedad (92). Otra estrategia implementada para priorizar las áreas de intervención para el control de dengue en Medellín es el monitoreo vectorial y vigilancia entomoviológica. El monitoreo se realiza empleando ovitrampas distribuidas uniformemente en toda la ciudad (polígonos de Thiessen), y revisadas semanalmente para cuantificar el número de huevos y el riesgo entomológico por trampa, barrio y comuna. La vigilancia virológica se realiza recolectando mosquitos en las viviendas cercanas a las ovitrampas, los cuales, son procesados por técnicas moleculares para la detección viral. Esta estrategia ha permitido monitorear también la distribución espacial de *A. albopictus*, vector primario de dengue para algunos países del sureste asiático y Europa, y que, en Medellín, podría estar contribuyendo a la transmisión de dengue, debido a que se ha encontrado naturalmente infectado con el virus. Con esta estrategia ha sido posible monitorear la distribución espacio/temporal de los mosquitos naturalmente infectados con virus Dengue y determinar la circulación de los serotipos predominantes (93). En un estudio realizado en el Urabá Antioqueño en el año 2014 llamado “Evaluación de ovitrampas para vigilancia y control de *Aedes aegypti* en dos centros urbanos del Urabá antioqueño” se presentaron conclusiones que apuntan a que las ovitrampas tuvieron impacto sobre los índices tradicionales y demostraron ser estrategias útiles en la vigilancia de *Ae. aegypti* (94).

Por último, y paralelo a las anteriores estrategias descritas, se han llevado a cabo campañas de sensibilización y acciones comunitarias en las diferentes comunas de la capital Antioqueña que buscan capacitar e instruir a los pobladores acerca del dengue, el mosquito que lo transmite, cómo se puede prevenir el contagio y las estrategias que se pueden implementar desde los hogares. Según informe emitido por la OPS y OMS en el año 2019 titulado “Evaluación de las estrategias innovadoras para el control de *Aedes aegypti*: desafíos para su introducción y evaluación del impacto”, la falta de indicadores apropiados para evaluar los cambios de comportamiento de los miembros de las comunidades endémicas limita la capacidad de los programas para monitorear y evaluar la eficacia de las estrategias empleadas. Los estudios difieren en el tipo de intervención, el comportamiento a modificar, la población blanco y los indicadores de resultado, lo que dificulta determinar los factores sobre los que realmente actúan. En general, las conclusiones sobre el impacto de las medidas de participación comunitaria como intervención única o combinada con otras acciones no son muy favorables, sobre todo porque no queda muy claro cómo se miden las conductas humanas y su relación con los indicadores de impacto entomológico o epidemiológico (95).

3.4 Estado del Arte

Según Morales T, en el artículo “La centralidad del estado del arte en la construcción del objeto de estudio” publicado para el año 2007, el Estado del Arte es el recorrido que se realiza –a través de una investigación de carácter bibliográfico– con el objeto de conocer y sistematizar la producción científica en determinada área del conocimiento. Esta exploración documental trata de elaborar una lectura de los resultados alcanzados en los procesos sistemáticos de los conocimientos previos a ella. Es de importante valor ya que sirve para informarse del conocimiento que ya se produjo respecto de determinado tema, y para comenzar a recuperar las nociones, conceptos, teorías, metodologías y perspectivas desde las cuales se interrogará al objeto de investigación que está construyendo. En este Estado del Arte se abordaron estudios en un período de tiempo comprendido entre los años 2006 a 2021, todos ellos situados en la ciudad de Medellín, algunas de las investigaciones principales se centraron en la dinámica espaciotemporal del dengue, variables climáticas, epidemiología de la enfermedad y comparaciones del comportamiento de la incidencia del dengue con otras ciudades, destacando resultados importantes como: En los barrios de la ciudad con alta incidencia las personas se caracterizaron por un mayor conocimiento del vector, en la estación húmeda algunos hogares registraron índices altos de infestación por el mosquito *Ae. aegypti*, la falta de servicios básicos como el agua se considera como un factor de riesgo del Dengue ya que ello lleva a las personas a almacenar agua con mayor frecuencia, así como la infraestructura de las viviendas en las poblaciones más pobres, la precipitación fue la variable climática que mostró una asociación estadísticamente significativa con la incidencia del Dengue y en los años posteriores a la ocurrencia del evento El Niño aumenta la incidencia de la enfermedad en la ciudad, mediante un análisis de correlación cruzada se halló que dicha incidencia se asocia significativamente con la temperatura superficial del mar de la región.

Términos claves: dengue, Indicadores Ambientales, Indicadores Sociodemográficos, Incidencia, Medellín.

Tabla 1. Estado del Arte de los resultados de investigaciones sobre la epidemiología del dengue, publicadas y realizadas en Medellín

N°	TÍTULO	REFERENCIA	AÑO	RESULTADOS O HALLAZGOS
1	Distribución espacial de casos e incidencia de dengue: análisis de la situación para Medellín - Colombia	Ortiz CR, Rúa-Uribe G, Suárez CA, Mafla P MA, Almanza R, Laurentino dos Santos S. Distribución espacial de casos e incidencia de dengue: análisis de la situación para Medellín-Colombia Spatial distribution and incidence of dengue cases: an analysis of the situation in Medellín, Colombia. 2013.	2013	La enfermedad se distribuyó heterogéneamente en los diferentes barrios de la ciudad. Los años 2007 y 2010 presentaron el mayor número de casos, correspondiendo a años epidémicos, mientras que los demás años mostraron un comportamiento endémico.
2	dengue virus serological prevalence and seroconversion rates in children and adults in Medellín, Colombia: implications for vaccine introduction	dengue virus serological prevalence and seroconversion rates in children and adults in Medellín, Colombia: implications for vaccine introduction Carabali M, Lim JK, Velez DC, Trujillo A, Egurrola J, Lee KS, et al., dengue virus serological prevalence and seroconversion rates in children and adults in Medellín, Colombia: implications for vaccine introduction. International Journal of Infectious Diseases. 2017 May 1; 58:27–36.	2017	La seroprevalencia general del dengue fue del 61%, y solo el 3,3% de los sujetos seropositivos informaron una historia pasada de dengue. Entre los sujetos sin el Virus del Dengue (DENV) con más de dos visitas (n = 1002), la tasa general de seroconversión fue del 8,7% (intervalo de confianza del 95%7,3–10,4) por 1000 personas-mes, durante el período de estudio. En general, la edad media de los sujetos prevalentes con DENV fue significativamente mayor que la edad media de los sujetos seroconvertidos.
3	Epidemiology and genetic diversity of circulating dengue viruses in Medellín, Colombia: a fever surveillance study	dengue virus serological prevalence and seroconversion rates in children and adults in Medellín, Colombia: implications for vaccine introduction Lim JK, Carabali M, Camacho E, Velez DC, Trujillo A, Egurrola J, et al., Epidemiology and genetic diversity of circulating dengue viruses in Medellín, Colombia: A fever surveillance study. BMC Infectious Diseases. 2020 Jul 2;20(1).	2020	Entre los 537 pacientes febriles inscritos durante el período de estudio, el 29% (n = 155) fueron identificados como dengue positivos. Solo el 7% de los casos de dengue fueron hospitalizados, pero los pacientes con dengue positivo tenían 2,6 veces más probabilidades de ser hospitalizados, en comparación con los casos sin dengue, según una regresión logística.
4	Conocimientos, prácticas y aspectos entomológicos del dengue en Medellín, Colombia: un estudio comparativo entre barrios con alta y baja incidencia	Ortiz Celeny, Rúa-Uribe Guillermo L, Rojas Carlos A. Conocimientos, prácticas y aspectos entomológicos del dengue en Medellín, Colombia: un estudio comparativo entre barrios con alta y baja incidencia. Revista Biomédica [Internet]. 2018 [cited 2022 Jan 19]; 38:106-16. Available from: https://revistabiomedica.org/index.php/biomedica/article/view/3957/3997	2018	En los barrios con alta incidencia, los participantes se caracterizaron por no haber realizado estudios o haber cursado únicamente primaria (odds ratio, OR=1,69; IC95%=1,09-2,63), así como por pertenecer al régimen subsidiado del sistema de seguridad social en salud o no estar afiliado (OR=2,16; IC95% 1,41-3,32) y, además, presentaron un mayor conocimiento del vector (OR=1,53; IC95%1,00-2,35).
5	Out-of-pocket of patients diagnosed with dengue in Medellín and Montería, Colombia	Hernández SJM, Martínez SLM, Doria RAM, et al., Out-of-pocket of patients diagnosed with dengue in Medellín and Montería, Colombia. Enf Infec Microbiol. 2019;39(1):7-11.	2019	75 patients were included, the average age 36.6 years. 74.6% of participants belonged to social status 1, 2 and 3, 56% were in the contributory regime of the Social Security Health System and only 20% required hospitalization. The most frequent expenses were value of the visit, medicines, income not received due to disability and accompaniment, with the unearned income and drugs being the most expenses, with a median of 200 thousand and 25 thousand Colombian pesos, respectively.

N°	TÍTULO	REFERENCIA	AÑO	RESULTADOS O HALLAZGOS
6	Dinámica espaciotemporal del dengue en la ciudad de Medellín, Colombia. 2008-2013	Calle D, Coinvestigadores E, Carabali M, Henao E, Henao G, Sanabria González W, et al., Dinámica espaciotemporal del dengue en la ciudad de Medellín, COLOMBIA. 2008-2013 Investigador principal [Internet]. [cited 2022 Oct 25]. Available from: https://repository.ces.edu.co/bitstream/handle/10946/2138/Trabajo%20de%20grado?sequence=10&isAllowed=y	2006	Fueron analizados 20.447 casos de dengue, con una incidencia por 100.000 habitantes de 28,6 en el 2008 a 660,3 en el 2010. Se logró georreferenciar el 82% de las direcciones. Para el análisis entomológico se tuvieron en cuenta 16.383 viviendas visitadas por año, de las cuáles se georreferenciaron el 87%. Se identificaron "puntos calientes" en las comunas Aranjuez, Santa Cruz y Manrique (zona nororiental) durante todo el período; y en las comunas de San Javier y Laureles durante los años 2009 a 2012 (zona suroccidental). El año 2010 presentó "puntos calientes" en todas las comunas. La mayor concentración de domicilios con presencia del vector se dio en las comunas Aranjuez, Santa Cruz y Manrique durante todo el período, y en las comunas San Javier y Laureles del 2008 al 2012, y en contraste con la densidad de casos, durante el 2010 no se encontraron puntos calientes en las comunas Belén, Guayabal y Candelaria
7	dengue como amenaza: la necesidad de adaptarse de un barrio desfavorecido en Medellín-Colombia	Llanos A, Barry J. COMITÉ EDITORIAL. Rev Costarr Salud Pública [Internet]. 2011 [cited 2022 Oct 25];20(1). Available from: https://repositorio.binasss.sa.cr/repositorio/bitstream/handle/20.500.11764/1272/art3v20n1.pdf?sequence=1&isAllowed=y	2011	El almacenamiento de agua es una práctica extendida entre los residentes de la comunidad. Se registraron índices altos de infestación por el mosquito Aedes aegypti en los hogares mayormente en la estación húmeda. Las casas encuestadas no tienen barreras, tales como ventanas y puertas, lo que las hace susceptibles de promover el control de vectores en el ambiente interior.
8	Análisis de la relación de fuentes hídricas sobre los datos entomoviroológicos de dengue, zika y chikungunya en Medellín durante el periodo epidemiológico 2016 – 2019	Márquez Escobar, J Análisis de la relación de fuentes hídricas sobre los datos entomoviroológicos de dengue, zika y chikungunya en Medellín durante el periodo epidemiológico 2016 – 2019. [Internet]. Medellín: Tecnológico de Antioquia, Institución Universitaria; 2021 [citado: 2022, octubre]	2021	Según el Índice de Moran los datos se distribuyen de forma aleatoria en toda la ciudad y se relacionan espacialmente con los afluentes de esta misma, ya que solo un 3,18% del total de muestras, se encontraron fuera de los límites establecidos y se observan patrones, en donde los resultados entomoviroológicos siguen el mismo rumbo de los afluentes, situación que indica, que estos lugares influyen en el crecimiento poblacional del mosquito el cual está relacionado directamente con las personas infectadas, dejando en un riesgo más alto la salud de las personas que viven cerca a los afluentes.
9	Aplicación y evaluación de materiales educativos para la prevención del dengue en una Institución Educativa de Medellín, Colombia	Restrepo BN. REDIB [Internet]. redib.org. [citado el 25 de octubre de 2022]. Disponible en: https://redib.org/Record/oai_articulo3340865-aplicaci%C3%B3n-y-evaluaci%C3%B3n-de-materiales-educativos-para-la-prevenci%C3%B3n-del-dengue-en-una-instituci%C3%B3n-educativa-de-medell%C3%ADn-colombia-application-evaluation-educational-materials-dengue-prevention-educative-institution-medellin-colombia	2011	Se pudo observar, después de la intervención, un aumento estadísticamente significativo en el conocimiento de los escolares en las siguientes variables relacionadas con los síntomas: fiebre (56,1 % vs. 95,4 %, p < 0,001), cefalea (6,1 % vs. 27,7 %, p = 0,003) y mialgias (12,1 % vs. 61,5 %, p < 0,001); con el modo de transmisión a través de "picadura de mosquitos" (68,2 % vs. 95,4 %, p < 0,001) y con la medida de prevención "eliminación de criaderos", (65,2 % vs. 86,2 %, p = 0,015). Fue evidente, incluso antes de la intervención, que el manejo de la enfermedad debe hacerse en las instituciones de salud (90,0 % vs. 100 %, p < 0,001). Más del 95 % de los estudiantes manifestaron aceptación del video y del juego.

N°	TÍTULO	REFERENCIA	AÑO	RESULTADOS O HALLAZGOS
10	Surveillance and Epidemiology of dengue in Medellín, Colombia from 2009 to 2017	Warnes CM, Santacruz-Sanmartín E, Bustos Carrillo F, Vélez ID. Surveillance and epidemiology of dengue in Medellín, Colombia from 2009 to 2017. Am J Trop Med Hyg [Internet]. 2021 [citado el 25 de octubre de 2022];104(5):1719–28. Disponible en: https://www.ajtmh.org/view/journals/tpmd/104/5/article-p1719.xml?tab_body=pdf	2021	Nuestros datos consisten en los años 2009-2017, donde 2010 y 2016 se consideran años de brote de dengue, la aparición de casos de enfermedad en exceso de lo que normalmente se esperaría. Años de brote crearon una carga especialmente grave para el sistema de salud pública, con tasas de incidencia tan altas como 656.37 por 100,000 habitantes en 2016, más del triple de la tasa de incidencia promedio de 203.69 y más de ocho veces la incidencia promedio de 74.72 durante los años estándar, años donde no ocurrieron brotes. No hay consenso sobre cómo predecir cuándo ocurrirán los brotes, y a menudo se caracterizan por la prevalencia de un serotipo que puede ser diferente del brote anterior.
11	Comparación del comportamiento de la incidencia del dengue en tres municipios de Antioquia según variables sociodemográficas y ambientales	Colorado S, María R, Muriel J, Asesor V, Osorio L, Profesor Q. Comparación del comportamiento de la incidencia del dengue en tres municipios de Antioquia según variables sociodemográficas y ambientales [Internet]. 2021 [cited 2022 Oct 25]. Available from: https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/25434/1/ColoradoSantiago_MurielMaria_2021_ComparaciondengueSocia	2021	La relación entre Dengue y condiciones de vida fue analizada en el año 2018 en la ciudad de Medellín, en dicho estudio plantean y analizan barrios con alta y baja incidencia de la enfermedad, el cual demostró que en los barrios con alta incidencia, los participantes se caracterizaron por tener un bajo nivel educativo, así como por pertenecer al régimen subsidiado del sistema de seguridad social en salud o no estar afiliado; se concluyó además, que la falta de servicios básicos como el agua se considera como un factor de riesgo del Dengue ya que ello lleva a las personas a almacenar agua con mayor frecuencia, así como la infraestructura de las viviendas en las poblaciones más pobres, es un factor de riesgo para la reproducción del mosquito.
12	Modelado del efecto de la variabilidad climática local sobre la transmisión de dengue en Medellín (Colombia) mediante análisis de series temporales	Revistabiomedica.org. 2012 [cited 2022 Oct 25]. Available from: https://revistabiomedica.org/index.php/biomedica/article/download/1444/2278?inline=1	2013	El 34 % de la variabilidad observada se explicó por el modelo. La precipitación fue la variable climática que mostró una asociación estadísticamente significativa con la incidencia del dengue, pero con un rezago de 20 semanas. La transmisión del dengue en Medellín se vio afectada por la variabilidad climática, en particular, por la precipitación. La fuerte asociación entre el Dengue y la precipitación permitió construir un modelo que ayuda a comprender la dinámica de transmisión, información que será de gran utilidad para el desarrollo de adecuadas y oportunas estrategias de control.
13	Influencia del evento climático El Niño sobre la dinámica de transmisión de dengue en Medellín, Antioquia, Colombia	Colombia R, Uribe G, León, Londoño C, Alonso D, Ospina R, et al., [cited 2022 Oct 25]. Available from: https://www.redalyc.org/pdf/1805/180524364002.pdf	2012	Se observó que en los años posteriores a la ocurrencia del evento El Niño aumenta la incidencia de la enfermedad en la ciudad. Mediante un análisis de correlación cruzada se halló que dicha incidencia se asocia significativamente con la temperatura superficial del mar de la región El Niño 3,4, con un rezago de 3 a 6 meses.
14	Comandos Estudiantiles Antidengue: una novedosa estrategia de participación y movilización comunitaria en Medellín	Rojo R, Henao E, Almanza R, Zea A M, Rúa G. Comandos Estudiantiles Antidengue: una novedosa estrategia de participación y movilización comunitaria en Medellín. Biomédica 2011;31(sup.3):23-205 [Internet] 2011; [Consultado 2022 10 25] Disponible en: www.revistabiomedica.org	2011	Se han conformado en la ciudad más de 200 Comandos Estudiantiles Antidengue, lo cual equivale a disponer de 3.000 personas, aproximadamente, participando en la implementación de las estrategias de promoción y prevención. Desde el 2007 se han capacitado 751.363 estudiantes y 21.436 profesores. Los Comandos Estudiantiles Antidengue han contribuido al control social del dengue, fundamentalmente en la búsqueda y eliminación de criaderos.

3.5 Marco normativo

Tabla 2. Normas, decretos o leyes de importancia para el Dengue y sus estrategias de contención

TIPO	AÑO	EMITE/FIRMA	NOMBRE	OBJETIVO	REFERENCIA
Lineamientos nacionales	2021	Instituto Nacional de Salud (INS)	Vigilancia y control en salud pública. Estrategia basada en casos predefinidos	Definir las líneas de acción obligatorias para la vigilancia basada en notificación de casos predefinidos, así como la detección, el análisis, la valoración y la modificación del riesgo de eventos de interés en salud pública (EISP) en Colombia para 2021.	Colombia. Instituto Nacional de Salud (INS). Vigilancia y control en salud pública. Estrategia basada en casos predefinidos. 2021.
Manual	Versión 2013	Organización mundial de la salud (OMS) y Organización panamericana para la salud (OPS)	Manual para la respuesta a brotes y epidemias de dengue.	Facilitar la intervención de los equipos de respuesta en las misiones que realicen en apoyo al control de brotes o epidemias de dengue en las regiones o departamentos de su país de origen, o cuando sean movilizados para apoyar en los países de la región de las Américas. En el Manual se establecen lineamientos y recomendaciones que pueden servir para organizar la intervención del Equipo Nacional de Respuesta, de manera que los integrantes actúen en forma coordinada, o los equipos que se desplieguen intervengan coordinadamente en la zona afectada.	Colombia. Organización mundial de la salud (OMS) y Organización panamericana para la salud (OPS). Manual para la respuesta a brotes y epidemias de dengue. 2013
Protocolo	2010	Vigilancia y control en salud pública (INS)	Protocolo de vigilancia y control de dengue	Realizar el seguimiento continuo y sistemático de los casos de Dengue y dengue grave de acuerdo con los procesos establecidos para la notificación, recolección y análisis de los datos, que permita generar información oportuna, válida y confiable para orientar medidas de prevención y control del evento.	Colombia. Vigilancia y control en salud pública (INS). Protocolo de vigilancia y control de dengue. 2010.

TIPO	AÑO	EMITE/FIRMA	NOMBRE	OBJETIVO	REFERENCIA
Circular conjunta externa	2019	Ministerio de salud y protección social Superintendencia nacional de salud Instituto nacional de salud	Instrucciones para la intensificación y fortalecimiento a las acciones de vigilancia, prevención, atención integral y control de dengue en Colombia.	Proporcionar las instrucciones para la intensificación y fortalecimiento a las acciones de vigilancia, prevención, atención integral y control de dengue en Colombia.	Colombia. Ministerio de salud y protección social Superintendencia nacional de salud Instituto nacional de salud. Instrucciones para la intensificación y fortalecimiento a las acciones de vigilancia, prevención, atención integral y control de dengue en Colombia. 2019.
Protocolo	2017	Instituto Nacional de Salud (INS)	Vigilancia y análisis del riesgo en salud pública protocolo de vigilancia en salud pública dengue	Determinar la magnitud y distribución de la morbilidad por Dengue y dengue grave en el territorio nacional desde todos los niveles. Detectar oportunamente los cambios en los patrones de ocurrencia de Dengue y dengue grave, a través del seguimiento periódico de casos en áreas endémicas y no endémicas que cuentan con las características eco - epidemiológicas que hacen receptiva su transmisión. Monitorizar la circulación del virus en áreas endémicas o endemo-epidémicas.	Colombia. Instituto Nacional de Salud (INS). Vigilancia y análisis del riesgo en salud pública protocolo de vigilancia en salud pública dengue. 2017
Acuerdo	2000	Consejo Nacional de Seguridad Social	Por el cual se destinan recursos de la Subcuenta de Promoción del Fosyga para garantizar por parte del Ministerio de Salud la ejecución del Plan Nacional de Control de Vectores de Interés en Salud Pública	Destinar en forma excepcional y complementaria recursos del Fondo de Solidaridad y Garantía -Subcuenta de Promoción para garantizar la adquisición de insumos críticos necesarios para desarrollar en todo el territorio nacional las acciones regulares de control de insectos vectores y la ejecución del Plan Nacional de Control de Vectores de Interés en Salud Pública.	Colombia. Por el cual se destinan recursos de la Subcuenta de Promoción del Fosyga para garantizar por parte del. 2000.

TIPO	AÑO	EMITE/FIRMA	NOMBRE	OBJETIVO	REFERENCIA
Guía	2010	Ministerio de la Protección Social Dirección General de Salud Pública Instituto Nacional de Salud (INS)	Guía para la atención clínica integral del paciente con dengue	Establecer criterios clínicos y de laboratorio útiles para el diagnóstico y de manejo de los casos de dengue clásico y dengue grave en todo el territorio nacional, con el propósito de brindar una mejor atención a las personas afectadas y, de esa manera, reducir el riesgo de muerte o la ocurrencia de complicaciones. La audiencia principal de la presenta guía son los profesionales de la salud que laboran actualmente en las Instituciones Prestadoras de Servicios de Salud del territorio Nacional con el fin de garantizar una atención integral de los pacientes que ingresen por esta patología.	Colombia. Ministerio de la Protección Social Dirección General de Salud Pública Instituto Nacional de Salud (INS). Guía para la atención clínica integral del paciente con dengue. 2010.

Tabla 3. Normas relacionadas con el PDSP y el POT

TIPO	AÑO	EMITE/FIRMA	NOMBRE	OBJETIVO	REFERENCIAS
Ley 1438	2011	Congreso de la República	Por medio de la cual se reforma el sistema general de seguridad social en salud y se dictan otras disposiciones	Fortalecimiento del Sistema General de Seguridad Social en Salud-SGSS a través de un modelo de prestación del servicio público en salud que en el marco de la estrategia Atención Primaria en Salud permita la acción coordinada del Estado, las instituciones y la sociedad para el mejoramiento de la salud y la creación de un ambiente sano y saludable, que brinde servicios de mayor calidad, incluyente y equitativo, donde el centro y objetivo de todos los esfuerzos sean los residentes en el país. Se incluyen disposiciones para establecer la unificación del Plan de Beneficios para todos los residentes, la universalidad del aseguramiento y la garantía de portabilidad o prestación de los beneficios en cualquier lugar del país, en un marco de sostenibilidad financiera. Para el proyecto es relevante debido a que el tipo de afiliación al SGSS será una de las variables del estudio, y además la Atención Primaria en Salud es crucial para los casos de dengue para mitigar los síntomas y disminuir el avance de la enfermedad a sus etapas más críticas.	Ley 1438 de 2011. Ministerio de Salud y de Protección Social. [citado el 19 de abril de 2022]. Disponible en: https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/LEY%201438%20DE%202011.pdf
Resolución 1841	2013	Ministerio de salud y protección social	Por la cual se adopta el Plan Decenal de Salud Pública 2012-2021	Adoptar el Plan Decenal de Salud Pública 2012-2021, contenido en el Anexo Técnico que forma parte integral de la resolución, el cual será de obligatorio cumplimiento tanto para los integrantes del Sistema General de Seguridad Social en Salud (SGSSS), como del Sistema de Protección Social, en el ámbito de sus competencias y obligaciones. Particularmente el PDSP es relevante para el proyecto en sus dimensiones de Salud Ambiental por tratar algunos de los indicadores que se estudiarán en el proyecto y la de Vida saludable y enfermedades transmisibles puntualmente en su componente de situaciones endemo-epidémicas donde se incluye el dengue.	Resolución 1841 de 2013. Ministerio de Salud y de Protección Social. [citado el 19 de abril de 2022]. https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/resolucion-1841-de-2013.pdf

TIPO	AÑO	EMITE/FIRMA	NOMBRE	OBJETIVO	REFERENCIAS
Decreto 1232	2020	Presidente de la república de Colombia	Por medio del cual se adiciona y modifica el artículo 2.2. 1.1 del título 1, se modifica la sección 2 del capítulo 1 del título 2 y se adiciona al artículo 2.2.4.1.2.2 de la sección 2 del capítulo 1 del título 4, de la parte 2 del libro 2 del decreto 1077 de 2015 único reglamentario del sector vivienda, ciudad y territorio, en lo relacionado con la planeación del ordenamiento territorial	Adiciónese y modifíquese el artículo <u>2.2.1.1</u> del título 1 de la parte 2 del libro 2 del decreto único reglamentario 1077 de 2015 del sector vivienda, ciudad y territorio. Vigencia de los POT, Programa de ejecución. Definición de los programas y proyectos de infraestructura de transporte y servicios públicos domiciliarios que se ejecutarán en el período correspondiente, se localizarán los terrenos necesarios para atender la demanda de vivienda de interés social en el municipio o distrito y las zonas de mejoramiento integral, señalando los instrumentos para su ejecución pública o privada. Análisis de las dimensiones ambiental, económica, funcional, sociocultural e institucional	Decreto 1232 de 2020. Presidencia de la República de Colombia. [citado el 20 de abril de 2022]. Disponible en: https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=142020

3.6 Marco teórico metodológico

La investigación cuantitativa es una forma estructurada de recopilar y analizar datos obtenidos de distintas fuentes, lo que implica el uso de herramientas informáticas, estadísticas, y matemáticas para obtener resultados. Es concluyente en su propósito ya que trata de cuantificar el problema y entender qué tan generalizado está mediante la búsqueda de resultados proyectables a una población mayor (96). A este tipo de estudios se les ha denominado ciencia verdadera, ya que emplean medios matemáticos y estadísticos tradicionales para medir los resultados de manera concluyente, sin embargo no desconocen las bondades de la investigación cualitativa, ya que incluso puede relacionarse y algunos estudios en su primera etapa parten de ella, para luego pasar a una cuantitativa y demostrar de forma numérica las posibles hipótesis que hayan surgido. La investigación cuantitativa, también recibe el nombre de enfoque empírico-analítico, racionalista o positivista y es aquel que se basa en los aspectos numéricos para investigar, analizar y comprobar información y datos (96).

Una de las modalidades de diseños cuantitativos más sencillos y frecuentemente empleados en la descripción de la situación de salud o en la investigación de nuevas exposiciones en poblaciones humanas corresponde a los estudios ecológicos (97). En epidemiología, se distinguen de otros diseños en su unidad de observación, pues se caracterizan por estudiar grupos, más que individuos por separado, siendo comúnmente las unidades de observación diferentes áreas geográficas o diferentes periodos de tiempo en una misma área, a partir de las cuales se comparan las tasas de enfermedad y algunas otras características del grupo (97).

Es frecuente que ante las primeras sospechas de efectos negativos a la salud por algún producto o condición ambiental se exploren estas asociaciones en el ámbito grupal. Probablemente la principal motivación para los estudios ecológicos es la fácil disponibilidad de los datos; comúnmente se emplean datos registrados rutinariamente con propósitos administrativos o legales. Así, las instituciones gubernamentales tienen disponibles estadísticas de mortalidad y morbilidad, al igual que datos de los servicios de salud, mediciones ambientales, o venta y consumo de productos de los cuales se sospecha algún efecto. Otra motivación para los estudios ecológicos es que la comparación entre diversas áreas permite la evaluación de múltiples niveles de exposición, lo cual puede ser imposible en una sola área geográfica cuando se tienen exposiciones casi homogéneas. De esta forma, los estudios ecológicos han sido empleados por los epidemiólogos en diversas áreas, que van desde las enfermedades cardiovasculares hasta los efectos de la contaminación ambiental (97).

En la modalidad de diseño ecológico denominada estudios exploratorios se comparan las tasas de enfermedad entre muchas regiones continuas durante un mismo periodo, o se compara la frecuencia de la enfermedad a través del tiempo en una misma región. En ninguno de los dos casos se hace una comparación

formal con otras variables de los grupos, y el único propósito es buscar patrones espaciales o temporales que podrían sugerir hipótesis sobre las causas (97), siendo esta el tipo de diseño ecológico más aplicable a este proyecto de investigación. Según Morgenstern (98), estos consideran las diferencias geográficas en la aparición de un evento en varios conjuntos, generalmente regiones. Su objetivo es la búsqueda de patrones en la distribución de la morbilidad según su incidencia o su prevalencia, o de la mortalidad, que sugieran hipótesis etiológicas. En estos estudios no se suelen medir las exposiciones y, en general, se hacen análisis estadísticos básicos, como el establecimiento de correlaciones, o no se hacen. La práctica general indica que deben usarse datos estandarizados por variables como la edad o el sexo, que pueden ser variables de confusión poderosas para las asociaciones causales que pretenden explorarse (99), lo cual se ajusta a la metodología y el objetivo del proyecto.

Uno de los grandes insumos que se emplearán en esta investigación son los datos de vigilancia rutinaria del Sistema de Vigilancia en Salud Pública, SIVIGILA, mediante el cual se da una relación organizada de los usuarios, las normas, los procedimientos y los recursos (financieros, técnicos y humanos) para la recopilación de datos, el análisis, la interpretación y la divulgación de información sobre eventos de salud, de forma sistemática y continua, para su uso esencial en la orientación de la toma de decisiones en salud pública (100). Mediante el SIVIGILA el Gobierno Colombiano promueve la transparencia, el acceso a la información pública, la competitividad, el desarrollo económico, y la generación de impacto social a través de la apertura, la reutilización de los datos públicos, y el uso y apropiación de TIC (100).

En el portal se puede acceder a Datos Abiertos, es decir datos primarios o sin procesar, que se encuentran en formatos estándar e interoperables, los cuales facilitan su acceso y permiten su reutilización. Están bajo la custodia de las entidades públicas o privadas que cumplen con funciones públicas, son puestos a disposición de cualquier ciudadano, de forma libre y sin restricciones, con el fin de que terceros puedan reutilizarlos y crear servicios derivados de los mismos (101). Por otra parte, se define como microdato a la información sobre las características de las unidades de una población, (individuos, hogares, establecimientos, entre otros), que constituyen una unidad de información en una base de datos y que son recogidos por medio de una operación estadística, sin embargo estos datos son anonimizados, es decir, la información que se puede obtener en el portal impide la identificación de las unidades de estudio que son fuente para los registros individuales (102). Los datos abiertos y los microdatos están disponibles en el portal del SIVIGILA por año y por evento epidemiológico, y se pueden descargar en formato XLSX en el caso de los reportes rutinarios por año, y en CSV para los microdatos. Además de estas bases de datos, también se puede encontrar el protocolo de vigilancia epidemiológica del Dengue y de los demás eventos de vigilancia, el cual es de uso oficial y público, desde el nivel nacional: Ministerio de Salud y Protección Social, direcciones departamentales, distritales y municipales de salud, Entidades administradoras de Planes de Beneficio-EAPB, Instituciones Prestadoras de Servicios de Salud-IPS, personal de salud, estudiantes y la población en general (103).

4. METODOLOGÍA

4.1 Consideraciones éticas

4.1.1 Principios éticos

El proyecto de investigación estuvo orientado por los principios éticos de la Resolución 8430 de 1993, emitida por el Ministerio de Salud de Colombia por el cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud. La categoría de riesgo de la presente investigación de acuerdo con la resolución es “sin riesgo” ya que se emplearon técnicas y métodos de investigación documental retrospectivos y no se realizó ninguna intervención o modificación intencionada de las variables biológicas, fisiológicas, psicológicas o sociales, ni se trataron aspectos sensibles sobre la conducta de los sujetos participantes, pues esta investigación se realizó con datos abiertos, anonimizados suministrados por el INS de Colombia y su gestión se realizó apoyados por tecnologías de la información, que no implican la realización de trabajo de campo presencial. No obstante, se presentan a continuación algunas reflexiones sobre la dimensión ética del proyecto.

4.1.2 Tratamiento de datos personales

Este proyecto accedió a datos sensibles de salud de las personas con diagnóstico de dengue en el periodo y espacio de estudio, procedentes de datos abiertos anonimizados suministrados por el INS de Colombia del SIVIGILA y no se analizaron a nivel individual, sino agregados en indicadores, garantizando confidencialidad y la custodia de la información desde el INS, así la información recopilada se amparó en lo reglamentado en la ley estatutaria 1581 de 2012 y Decreto 1377 de 2013 de protección de datos.

4.1.3 Beneficios

El aporte se proporcionó a la academia y a la salud pública, con el análisis y documentación de las posibles relaciones entre los indicadores estudiados y la tasa de incidencia de dengue clásico en las diferentes comunas de la ciudad y la generación de nuevo conocimiento, puesto que hasta la fecha no se habían realizado o publicado trabajos investigativos que dieran cuenta de esta relación en la ciudad.

Este trabajo puede servir para la toma de decisiones frente al comportamiento de la enfermedad y acciones de prevención y control.

Se debe destacar que además, el estudio permitió fortalecer capacidades en investigación y en vigilancia epidemiológica de los autores, además de servir como requisito de grado para la obtención del título como Administradores en Salud con Énfasis en Gestión Sanitaria y Ambiental.

4.1.4 Riesgos

En los riesgos identificados para el equipo investigador se destacaron los biomecánicos haciendo referencia a las posturas prolongadas del cuerpo y los movimientos repetitivos que se pueden generar al momento de hacer la búsqueda en fuentes secundarias por permanecer por mucho tiempo en la misma postura o realizando el mismo movimiento con el mouse y en el teclado; esto puede generar afectaciones de tipo osteomuscular y aumentar los riesgos de padecer la enfermedad conocida como el síndrome del túnel del carpo. Para mitigar estas posibles afectaciones los integrantes realizaron pausas activas con una duración de 10 minutos cada 3 horas y acondicionaron la zona de trabajo con escritorio y silla ergonómica, pad mouse y descansa pies. Igualmente, los integrantes se vieron expuestos a riesgo de tipo físico por la duración prolongada frente a la pantalla de sus computadores que fue mitigado con la activación del reposa pantalla cada 2 horas y el uso de gafas de descanso. Frente a los riesgos a los que se exponen los individuos, no se percibió ninguno, ya que la información fue recolectada de fuentes secundarias sin acercamiento o identificación a los grupos poblacionales estudiados.

Otro riesgo que se presentó durante la elaboración del proyecto es el ambiental, debido al consumo de energía eléctrica ocasionado por los equipos de cómputo y su consecuente impacto en materia de huella de carbono y de huella hídrica. Para ello se establecieron periodos de hibernación, el uso adecuado de la batería y se trabajó normalmente en las horas de la mañana y en la tarde para aprovechar la iluminación natural.

4.1.5 Consentimiento informado

Para el proyecto no fue necesario el consentimiento informado, puesto que la información que se requería para su desarrollo y ejecución fue solicitada a las entidades oficiales de manera anonimizada en donde no se identificó el individuo, igualmente fue utilizada información disponible en la web que no brindaba especificaciones de cada paciente sino a nivel colectivo.

4.2 Características del proyecto

El proyecto fue de tipo observacional, siguiendo los lineamientos de diseño ecológico en su modalidad de grupos múltiples por requerir una comparación de la tasa de incidencia de dengue clásico a través del periodo de tiempo estudiado en la ciudad y el propósito de buscar patrones espaciales o temporales que puedan sugerir hipótesis sobre sus causas (97), teniendo como unidad de observación cada una las 16 comunas de Medellín y cada uno de los años de estudio: 2018, 2019, 2020. La unidad de análisis de este estudio fue la relación y variación entre indicadores ambientales y sociodemográficos con la incidencia del dengue durante la implementación de la estrategia *Wolbachia* del WMP.

4.2.1 Población de referencia

La población a la que se refirieron los datos fueron los habitantes agrupados en las 16 comunas de Medellín desde el año 2018 al 2020.

4.2.2 Muestra

La muestra correspondió a los indicadores sociodemográficos y ambientales de tipo geoclimático seleccionados de fuentes oficiales de datos abiertos y a los casos reportados por dengue clásico en las 16 comunas de Medellín-entre los años 2018 a 2020.

4.2.3 Criterios de inclusión y exclusión de los casos de dengue

Como se observa en el Cuadro 1, en el proyecto se trabajó con los casos de dengue clásico reportados en las 16 comunas de la zona urbana de Medellín, entre los años 2018 y 2020. Respecto a la exclusión por dengue grave y mortalidad de la enfermedad, según SIVIGILA en 2018 hubo 3 casos, 2019 hubo 5 casos y 2020 hubo 4 casos de dengue grave, y no se reportaron muertes por dengue en Medellín, por su baja frecuencia, el estudio se centró en dengue clásico.

Cuadro 1. Criterios de inclusión y exclusión de los casos de dengue

Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
Pertenecer a una comuna de Medellín (1 a 16)	Casos reportados en los corregimientos: Santa Elena, San Sebastián de Palmitas, San Antonio de Prado, Altavista, San Cristóbal
Estar reportado en la base de datos de dengue clásico	Casos de dengue grave y de mortalidad por dengue
Haber sido reportado entre los años 2018 a 2020	

4.2.4 Recolección de datos.

Para el proyecto se solicitaron las bases de datos de los casos de dengue reportados al SIVIGILA por el Instituto Nacional de Salud-INS, del Sistema de Alerta Temprana-SIATA, Instituto Geográfico Agustín Codazzi-IGAC los indicadores geoclimáticos y de la Alcaldía de Medellín los indicadores sociodemográficos. Estas bases luego de que fueron exploradas y depuradas, aportaron la información para la construcción de los indicadores y su análisis en relación con la TIA de dengue para el periodo 2018-2020, siguiendo el flujograma descrito en la Figura 5.

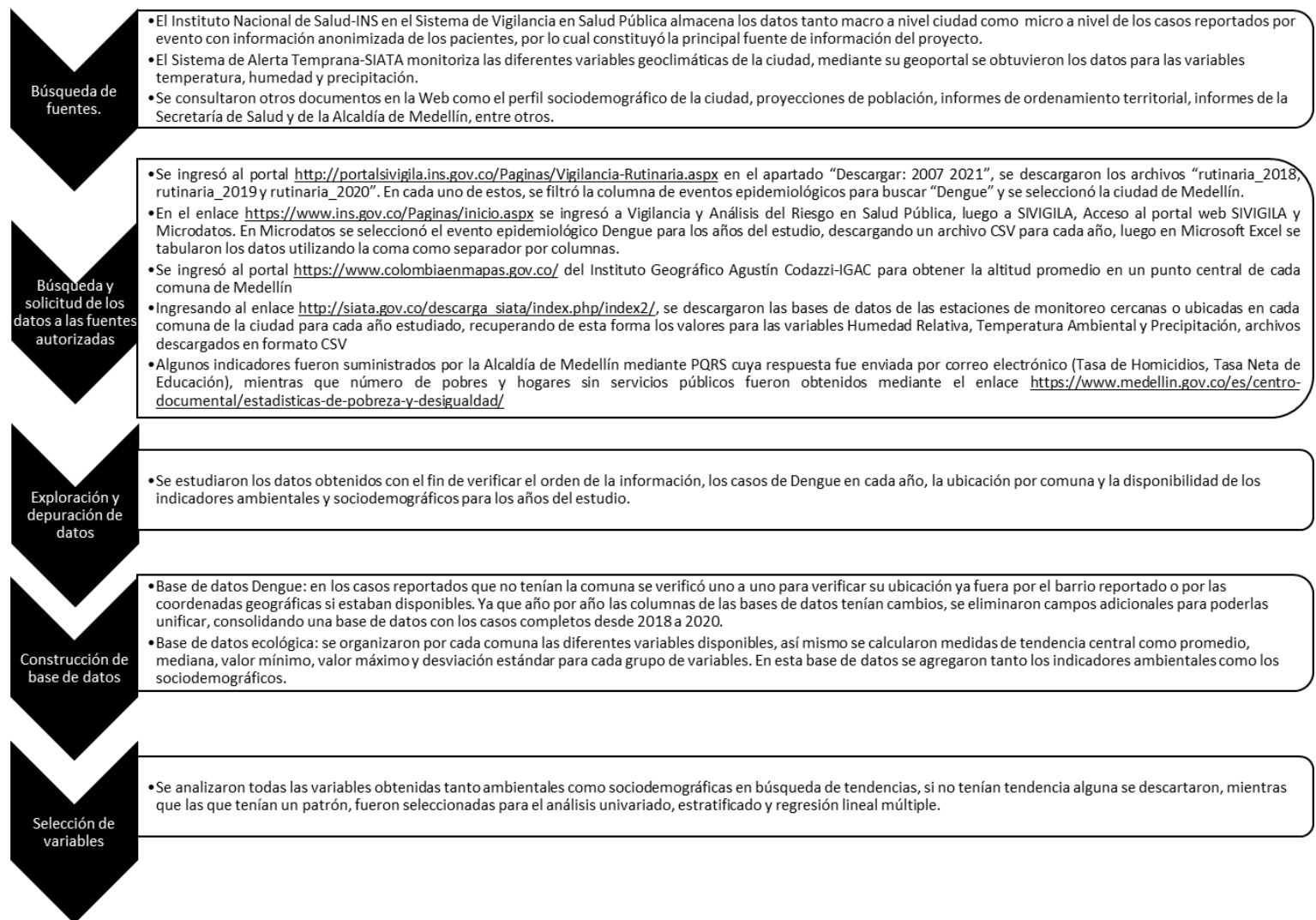


Figura 5. Flujograma de la recolección y análisis de datos del proyecto

4.2.5 Construcción indicadores ambientales geoclimáticos

Para la construcción de los indicadores geoclimáticos, se utilizó la información abierta disponible del IGAC sobre altitud promedio, y del SIATA: precipitación, temperatura y humedad relativa para los años 2018 a 2020. Luego de depurarse la información se consolidó un estado final de los indicadores el cual se puede observar en la Figura 6.

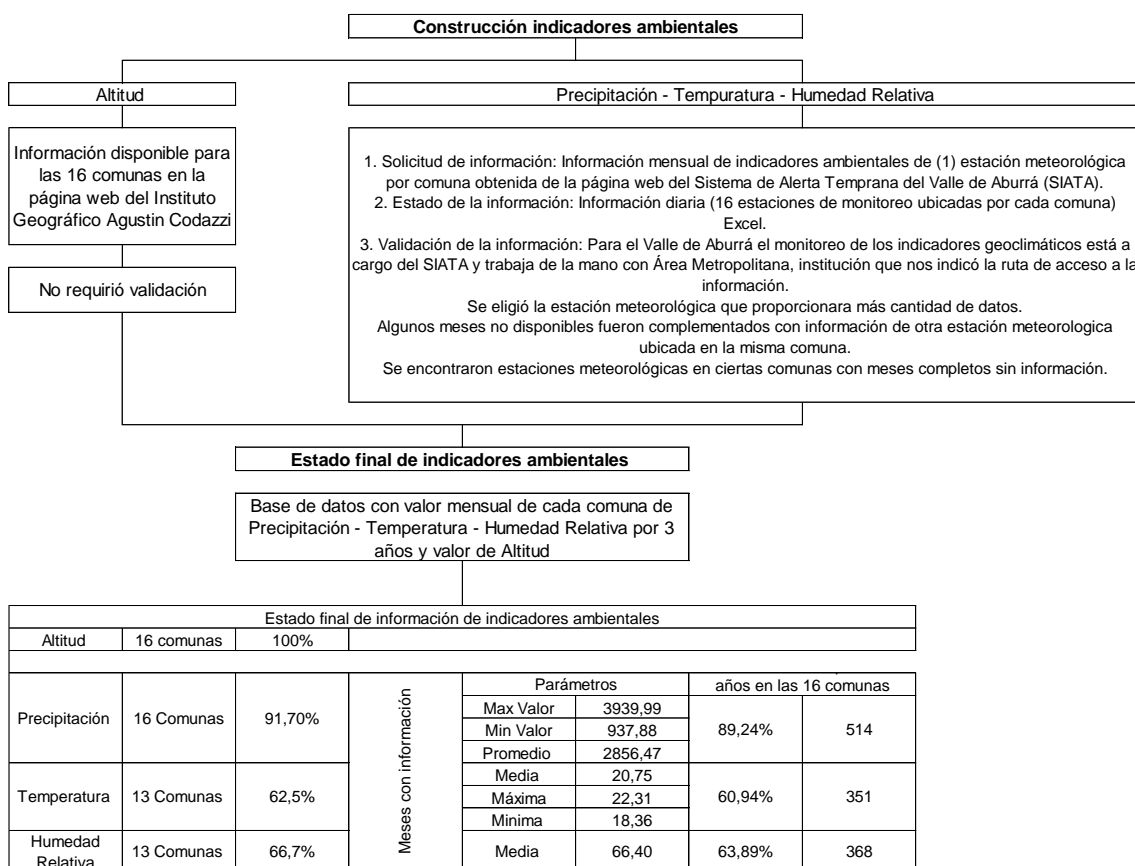


Figura 6. Esquema de construcción de los indicadores ambientales

Para las comunas Manrique, Aranjuez, La Candelaria y Guayabal no se tuvieron datos de precipitación para el año 2020. Para el caso de la variable temperatura no se contó con información para las comunas Manrique, La América, y San Javier en ninguno de los años de estudio, otras comunas no contaban con información para dos años como Santa Cruz y Castilla. Las comunas Manrique, Castilla, La América y San Javier tampoco presentaron información para dos o más años de estudio de la variable humedad.

Por lo anterior, solo se tuvieron en cuenta para el análisis, los datos disponibles para las unidades de observación en el periodo de estudio.

4.2.6 Construcción de indicadores sociodemográficos

Para la construcción de los indicadores sociodemográficos se tuvieron en cuenta los casos de dengue clásico reportados en SIVIGILA entre el 2018 a 2020 y, dado que para cada año las bases de datos contenían un grupo de campos diferentes, fue necesario uniformizarlas para analizar los datos. Adicionalmente se incluyó la información suministrada por la Alcaldía de Medellín sobre indicadores sociodemográficos de tipo económico, educativo o de seguridad y se realizó un balance del porcentaje de obtención de estos indicadores por comuna y año, que se resume en la Figura 7. Los indicadores: *número de pobres y hogares sin servicios públicos*, no fueron obtenidos durante el año 2020, por la contingencia sanitaria relativa a la pandemia COVID-19.

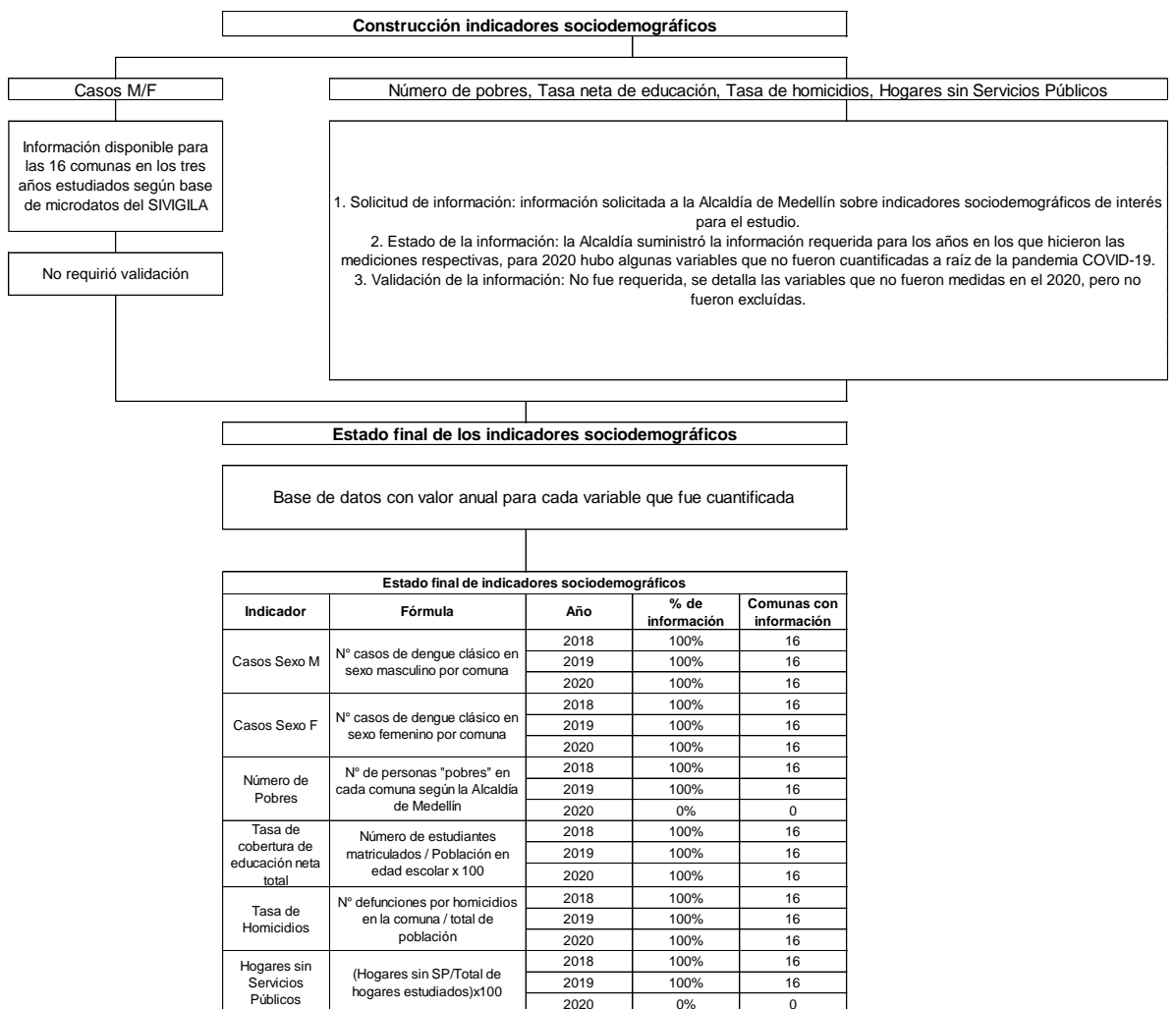


Figura 7. Esquema de construcción de los indicadores sociodemográficos.

4.2.7 Análisis estadístico

Después de tabular los datos y organizarlos en sus respectivas bases de datos, se realizó un análisis descriptivo general a través de Epidat 4.2 y Microsoft Excel 365. Se utilizaron herramientas de exploración descriptiva espacial mediante el software QGIS 2.18 y para realizar la matriz de correlaciones se utilizó el software estadístico SPSS de IBM, versión 27.

4.2.7.1 Estimación de la TIA de dengue clásico

Con la base de datos de casos de dengue clásico del SIVIGILA y las proyecciones de población realizadas por la Alcaldía de Medellín, se obtuvo la TIA para el periodo 2018-2020 por comuna, para la ciudad, departamento y país. Con estos datos se realizó un mapa para explorar espacialmente las comunas y buscar patrones de endemividad.

$$TIA = \frac{\sum \text{Casos de Dengue Comuna } n \text{ (2018 a 2020)}}{\sum \text{Habitantes Comuna } n \text{ (2018 a 2020)}} * 100000$$

4.2.7.2 Obtención de los patrones de endemividad de dengue clásico

Para la estimación de la endemividad se consideró la TIA de Medellín como el patrón de referencia en el periodo estudiado, contra el que se comparó la TIA de cada comuna en el mismo periodo y se clasificaron así: inferiores (hipoendémicas), similares o iguales (mesoendémicas) o superiores (hiperendémicas) a la TIA de Medellín.

4.2.7.3 Análisis bivariado entre indicadores sociodemográficos o geoclimáticos e indicadores de la frecuencia de ocurrencia de dengue clásico.

Se hizo una clasificación de las comunas según cuartiles de los indicadores ambientales y sociodemográficos antes enunciados y se relacionó con la TIA de dengue clásico, mediante la estimación de la razón de tasa de incidencia (RTI) para dengue, la cual se obtuvo mediante el cociente de la TIA de dengue clásico entre el cuartil inferior (denominador) y los demás cuartiles de los indicadores, para cada una de las comunas en el periodo 2018 a 2020.

A. Altitud.

La altitud de las comunas de Medellín se clasificó según rangos cuartílicos. Para este indicador, se tomó como altitud promedio el punto central de cada comuna, donde la de menor altitud, fue La Candelaria con 1452 msnm, mientras la mayor fue Popular con 1833 msnm.

Tabla 4. Rangos cuartílicos de altitud por cada comuna

Rangos Altitud (msnm)	Comunas		
<1507	Laureles Estadio	Candelaria	Aranjuez
	Guayabal		
1507 a 1576	La América	San Javier	Castilla
	Belén		
1577 a 1693,25	Robledo	Villa Hermosa	Poblado
	Doce de Octubre		
>1693,25	Buenos Aires	Manrique	Popular
	Santa Cruz		

B. Otros indicadores ambientales y sociodemográficos

Los demás indicadores también se ordenaron por cuartiles según la forma min-Q1, Q1-Q2, Q2-Q3y Q3-Max a partir de sus respectivas medias. Cada comuna se clasificó en uno de los cuartiles, con su respectivo número de casos y población para estimar la TIA del año o del periodo. Se estimó la RTI del dengue, mediante el cociente entre la TIA localizada en el rango cuartil inferior como referente, con la TIA de cada uno de los cuartiles superiores, con el fin de evidenciar las condiciones de riesgo para la ocurrencia de dengue. Para los hallazgos descritos en los numerales 4.2.6 y 4.2.7, algunos indicadores se debieron excluir por comunas o años debido a que no se pudo localizar la información.

4.2.7.4 Análisis estratificado.

Luego de observar el comportamiento del dengue según cada variable, se hizo una estratificación con base en la altitud, variable que es modificadora principal de las demás variables ambientales de acuerdo con lo que se conoce de la epidemiología ambiental del dengue (105). Se clasificaron las comunas previamente localizadas según el rango cuartílico de la variable independiente y se clasificaron a su vez en los rangos de altitud propuestos. Se estimó nuevamente la TIA por rango cuartil y se calculó la RTI respecto al menor valor, permitiendo observar las diferencias de ocurrencia de las enfermedades en un mismo rango de altitud pero con diferentes indicadores. En el caso de variables como humedad y temperatura que en algunos casos solo se obtuvieron datos de un año o de ninguno, se decidió trabajar con las comunas que sí tuvieron dato y unificar para dar cuenta del riesgo de ocurrencia de enfermedad en cada rango.

4.2.7.5 Matriz de correlaciones.

Para obtener la matriz de correlaciones bivariada, se reunieron todos los indicadores tanto ambientales como sociodemográficos y se hizo una exploración grupal con el fin de obtener la respectiva matriz de correlaciones de Spearman para variables no paramétricas y sus significancias mediante el software SPSS Statistics 27. Se seleccionó la TIA para los años de estudio como variable dependiente, se observó el coeficiente de correlación de Spearman “ ρ ” (Rho) y la significancia, tomando como valor crítico para la decisión una $p < 0,05$.

5. RESULTADOS

5.1 Descripción de la ocurrencia de dengue clásico en Medellín de 2018 a 2020

Durante el periodo de estudio comprendido entre 2018 y 2020 se presentaron 3418 casos nuevos diagnosticados como dengue clásico en las 16 comunas del área urbana de Medellín. De estos, 47,22% (1614) se presentaron en mujeres y 52,78% en hombres (18014), con edad promedio de 31,48 años (ds 19,37 años) y 29,83 años (ds 17,40 años), respectivamente. El 79,54% (2719) de los casos fueron atendidos a través del régimen contributivo, 14,01% (479) por subsidiado y el restante 6,45% (220) por otros regímenes de salud. El 19,43% (664) de los casos de dengue clásico requirieron hospitalización, siendo las comunas Guayabal-15, La América-12 y Laureles-Estadio-11 las que tuvieron las tasas de hospitalización por 100.000 habitantes, más altas: 6,67, 4,63 y 3,64 respectivamente y Manrique-3, Belén-16 y Buenos Aires-9 las más bajas, en su orden: 0,20, 0,58 y 0,63 por 100.000 habitantes.

5.1.1 Distribución acumulada de casos de dengue clásico a nivel nacional y departamental, municipal y por comunas en el periodo 2018-2020.

Al comparar la TIA de dengue clásico por 100.000 habitantes del periodo 2018-2020 de Medellín con la nacional y la del departamento de Antioquia se encontró una reducción de 65,81% y 8,12% respectivamente (Tabla 5). Igualmente se observó una tendencia decreciente de la TIA y de la frecuencia absoluta de casos de dengue clásico al comparar el 2018 con los años 2019 y 2020, con una reducción de casos de 23,57% y de 51,42% respectivamente (Tabla 6).

Tabla 5. Comparación de las tasas por 100.000 habitantes de la incidencia de dengue clásico a nivel nacional, departamental y municipal en el periodo 2018-2020

2018-2020	Dengue clásico			
	Suma de Casos	Suma de la Población	TIA ¹ (3 años)	IC95%
Colombia	245375	148026596	165,764	165-166
Antioquia	10884	19202924	56,679	56-58
Medellín	3418	6563411	52,077	50-54

¹ TIA= Tasa de Incidencia Acumulada por 100000 habitantes

Tabla 6. Casos e incidencia por año de dengue clásico en Medellín

Periodo de ocurrencia	# casos	# población	% reducción de casos ²	TIA	RTI ³	IC 95%	Valor P
2018	1519	2.148.110	ref	70,713	1,358	1,290 - 1,498	0,000
2019	1161	2.189.912	23,57	53,016	1,018	0,960 - 1,078	0,000
2020	738	2.225.389	51,42	33,163	0,637	0,592 - 0,684	0,000

Se observó el aumento de casos en Villa Hermosa, Poblado, Belén y Castilla durante el 2019 con respecto al 2018, y durante 2020 con respecto al 2019 solo en Laureles-Estadio. En todas las comunas se observó disminución de casos y TIA al comparar 2020 con relación a 2018. Las comunas Villa Hermosa, La Candelaria, Laureles-Estadio, Poblado, Guayabal y Belén presentaron una TIA mayor que la de la ciudad y el departamento para el mismo periodo. Todas las comunas tuvieron TIA de dengue clásico, menor respecto a la de Colombia, no obstante para 6 (seis) de ella la TIA fue superior a la departamental. La distribución según patrones de endemicidad (que resultaron de comparar la TIA de Medellín, con la TIA de cada comuna para el periodo): hipo, meso e hiper-endémico, se puede observar en la figura 8 y en la tabla 7.

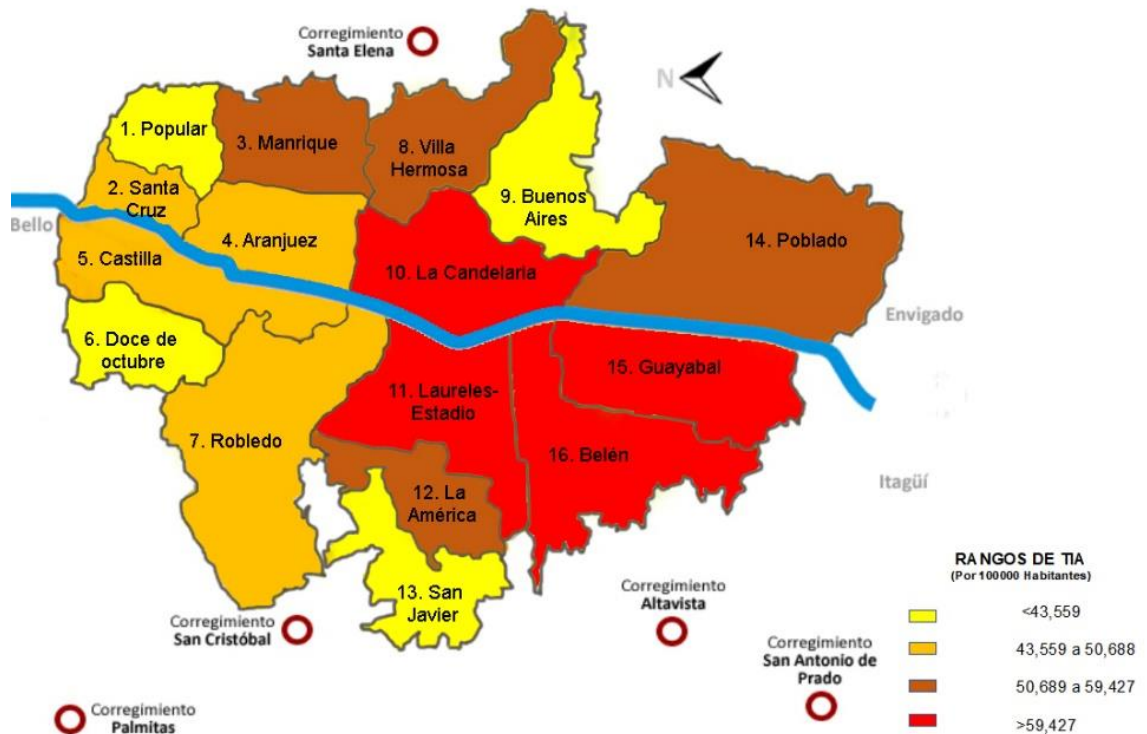


Figura 8. Rangos de TIA x 10000 habitantes en las comunas de Medellín (2018 a 2020)

² % Reducción de casos= (#Casos 2018-#Casos 2019 o 2020)/# Casos 2018

³ RTI= Razón de Tasa de Incidencia=TIA del periodo/TIA (2018-2020)

Tabla 7. TIA y patrón de endemicidad en las comunas de Medellín 2018 a 2020

Cód.	Comuna	Total población (2018 a 2020)	Casos 2018	Casos 2019	Casos 2020	Total casos	TIA ⁴ (2018 – 2020)	IC (95%)	Patrón de endemicidad
1	Popular**	420.243	85	61	33	179,00	42,594	37-49	HipoE
2	Santa Cruz**	346.396	76	50	26	152,00	43,880	37-51	HipoE
3	Manrique**	505.672	119	114	56	289,00	57,152	51-64	MesoE
4	Aranjuez**	428.535	121	55	40	216,00	50,404	44-57	MesoE
5	Castilla**	375.468	77	80	31	188,00	50,071	43-58	MesoE
6	Doce de Octubre**	537.918	115	53	27	195,00	36,251	31-42	HipoE
7	Robledo***	581.554	130	85	74	289,00	49,694	44-56	HipoE
8	Villa Hermosa**	472.612	106	112	51	269,00	56,918	50-64	MesoE
9	Buenos Aires**	479.715	101	60	42	203,00	42,317	37-48	HipoE
10	La Candelaria**	230.892	78	76	54	208,00	90,085	78-100	HiperE
11	Laureles-Estadio***	301.969	79	46	60	185,00	61,265	53-71	HiperE
12	La América***	258.947	65	45	22	132,00	50,976	43-60	MesoE
13	San Javier**	484.241	94	59	49	202,00	41,715	36-48	HipoE
14	Poblado**	324.750	71	82	38	191,00	58,814	51-68	MesoE
15	Guayabal**	194.808	67	36	20	123,00	63,139	53-75	HiperE
16	Belén**	619.691	135	147	115	397,00	64,064	58-70	HiperE
Medellín, área urbana		6.563.411	1519	1161	738	3418	52,077	50-54	Valor de referencia

En la tabla 8 se presenta cada una de las comunas, según las liberaciones de mosquitos portadores de *Wolbachia* en el periodo de estudio. Esta información fue obtenida de diferentes fuentes de World Mosquito Program y de la Universidad de Antioquia. Para las comunas Robledo, Laureles-Estadio y La América no se encontró información de fuentes confiables que confirmaran o no las liberaciones durante el período de estudio, sin embargo, estas tres comunas tienen límites geográficos directos con al menos una comuna en donde se realizaron liberaciones.

⁴ TIA= Tasa de Incidencia Acumulada de Dengue por 100000 habitantes

** Comuna donde se realizaron liberaciones de mosquitos con *Wolbachia*

*** Límitrofe con Comuna donde se realizaron liberaciones de mosquitos con *Wolbachia*

Tabla 8. Liberaciones de mosquitos portadores de Wolbachia en las Comunas de Medellín (2018-2020)

NomCom	CodCom	Wolbachia2018	Wolbachia2019	Wolbachia2020
Popular	1	Si	Si	ND ⁵
Santa Cruz	2	Si	Si	ND
Manrique	3	Si	Si	ND
Aranjuez	4	Si	Si	ND
Castilla	5	ND	Si	ND
Doce de octubre	6	ND	Si	ND
Robledo	7	ND	ND	ND
Villa Hermosa	8	Si	Si	ND
Buenos Aires	9	ND	Si	ND
La Candelaria	10	Si	Si	ND
Laureles-Estadio	11	ND	ND	ND
La América	12	ND	ND	ND
San Javier	13	Si	Si	ND
Poblado	14	Si	ND	ND
Guayabal	15	Si	Si	ND
Belén	16	ND	Si	ND

Fuente: Universidad de Antioquia - World Mosquito Program

5.2 Relación TIA con indicadores ambientales y sociodemográficos.

5.2.1 Dengue y altitud promedio (AltP)

En la Tabla 9 se presenta la ocurrencia de dengue clásico en las comunas de Medellín agrupadas en rangos cuartílicos según su altitud promedio, que para Medellín es de 1605,062 msnm. Se observa que a medida que aumenta la altitud, disminuye la TIA, lo cual se verifica en la columna disminución del riesgo (RTI) que tomó como referencia las comunas por debajo de los 1507 msnm y se comparó con la TIA de los demás rangos, calculando el porcentaje de diferencia (Figura 9). Las comunas de La Candelaria y Guayabal con altitud promedio inferior a 1507 msnm y en las que se liberó Wolbachia y la de Laureles-Estadio en la que no se liberó, presentaron TIA superior al promedio de la ciudad, esto no ocurrió en Aranjuez, en la que se liberó *Wolbachia*, y a pesar de que la altitud promedio fue inferior a 1507, la TIA de dengue clásico fue similar a la de la ciudad. En las comunas de Popular, Buenos Aires, Santa Cruz, Manrique, con

⁵ ND: Dato no disponible desde la fuente

altitud promedio superior a 1693 msnm se realizó liberación de *Wolbachia* en alguno de los años del estudio, no obstante la TIA tuvo una distribución diferente, en las dos primeras, fue inferior al promedio de la ciudad, en las dos últimas no fue diferente a la de la ciudad.

Tabla 9. Ocurrencia de dengue clásico en las comunas de Medellín 2018 a 2020 por rangos de altitud promedio⁶

Rangos Altitud (msnm)	Códigos Comunas	Casos de Dengue	Población en riesgo (2018 a 2020)	TIA	RTI	IC (95%)	Valor P	Valor Z
<1507	4** 10** 11*** 15**	732	1156204	63,311	Valor de referencia**	Valor de referencia**	Valor de referencia**	Valor de referencia**
1507 a 1576	5** 12*** 13** 16**	961	1621878	59,252	0,936	LI	0,177	-1,351
						LS		
1577 a 1693,25	6** 7*** 8** 14**	944	1916834	49,248	0,778	LI	0,000	-5,114
						LS		
>1693,25	1** 2** 3** 9**	823	1752026	46,974	0,742	LI	0,000	-5,896
						LS		

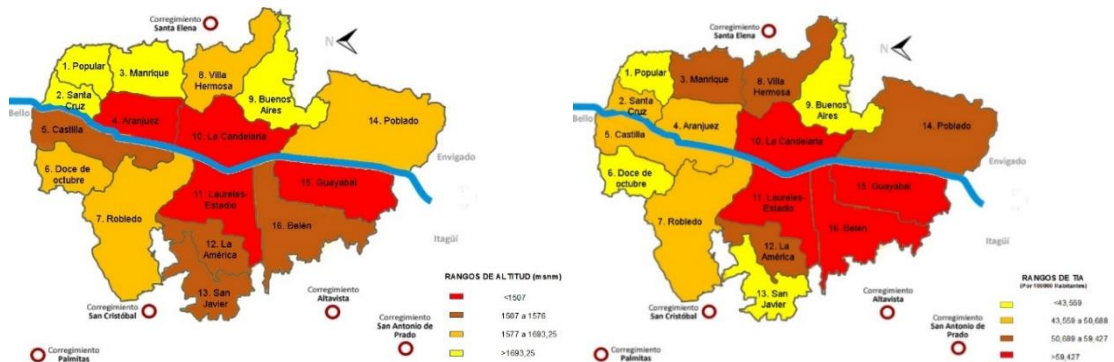


Figura 9. Comparación de rangos de TIA de dengue clásico x 100000 habitantes (izquierda) y altitud promedio (derecha) en las comunas de Medellín (2018 a 2020)

5.2.2 Dengue y precipitación promedio

Según la Tabla 10, la TIA disminuye desde los 2927,959 mm de precipitación, indicando menor incidencia de la enfermedad en las comunas de Medellín con menor precipitación, pero sin tener un patrón claro.

⁶ * TIA= Tasa de Incidencia Acumulada de Dengue por 100000 habitantes
 ** Comuna donde se realizaron liberaciones de mosquitos con *Wolbachia*
 *** Limítrofe con Comuna donde se realizaron liberaciones de mosquitos con *Wolbachia*

Tabla 10. Ocurrencia de dengue clásico en las comunas de Medellín 2018 a 2020 relacionados a la precipitación promedio⁷.

Rangos Precipitación (mm)	Códigos Comunas	Casos de Dengue	Población en riesgo (2018 a 2020)	TIA	RTI	IC (95%)		Valor P	Valor Z	Disminución del riesgo
<2385,492	2** 10** 15** 16**	880	1391787	63,228	Valor de referencia**	Valor de referencia**		Valor de referencia**	Valor de referencia**	Valor de referencia**
2385,492 a 3052,814	4** 7*** 11*** 14**	881	1636808	53,824	0,851	LI	0,775	0,001	-3,382	14,873%
						LS	0,935			
3052,814 a 3218,776	1** 5** 6** 9**	765	1813344	42,187	0,667	LI	0,606	0,000	-8,241	33,278%
						LS	0,735			
>3218,776	3** 8** 12*** 13**	892	1721472	51,816	0,820	LI	0,747	0,000	-4,196	18,049%
						LS	0,899			

Según el Anexo 2, se observa que en promedio para las 16 comunas, el año 2020 tuvo una mayor precipitación respecto a los anteriores. La comuna Villa Hermosa presentó la mayor precipitación entre todas las comunas para los tres años estudiados con 3939,344 mm (valor de 2019). Mientras que la comuna Santa Cruz obtuvo el menor valor con 937,882 mm para los tres años estudiados (valor de 2019).

5.2.3 Dengue y temperatura ambiental promedio

Se utilizó el valor mínimo de temperatura agrupado por rangos de cuartiles con una diferencia poco considerable entre cada rango. Según la Tabla 11, la TIA muestra un crecimiento indicando menor incidencia de la enfermedad en las comunas con menor temperatura.

Tabla 11. Ocurrencia de dengue clásico en las comunas de Medellín 2018 a 2020 relacionados al valor mínimo de temperatura⁷.

Rangos Temperatura	Códigos Comunas	Casos de Dengue	Población en riesgo (2018 a 2020)	TIA	RTI	IC (95%)		Valor P	Valor Z
<15,400	6** 8** 9**	667	1490245	44,758	Valor de referencia**	Valor de referencia**		Valor de referencia**	Valor de referencia**
15,400 a 18,008	1** 5** 15** 16**	887	1610210	55,086	1,231	LI	1,113	0,000	4,059
						LS	1,361		
18,009 a 18,649	2** 7*** 14**	632	1252700	50,451	1,127	LI	1,011	0,031	2,158
						LS	1,257		
>18,649	4** 10** 11***	609	961396	63,345	1,415	LI	1,268	0,000	6,228
						LS	1,58		

⁷ * TIA= Tasa de Incidencia Acumulada de Dengue por 100000 habitantes

** Comuna donde se realizaron liberaciones de mosquitos con *Wolbachia*

*** Limítrofe con Comuna donde se realizaron liberaciones de mosquitos con *Wolbachia*

Según el Anexo 3, la comuna 8 Villahermosa, presentó la menor temperatura en el año 2019. La máxima temperatura se registró en Aranjuez para el año 2020. El promedio total de todas las comunas para los años 2019 y 2020 tuvo un valor similar (19,5°C y 20,2°C respectivamente), mientras que para el año 2018 fue menor (18,3°C).

5.2.4 Dengue y humedad relativa promedio

Según la Tabla 12, la TIA muestra una disminución desde los < 62,471% de humedad, indicando menor incidencia de la enfermedad en las comunas con mayor humedad relativa.

Tabla 12. Ocurrencia de dengue clásico en las comunas de Medellín 2018 a 2020 relacionados a la humedad relativa⁸.

Rangos Humedad	Códigos Comunas	Casos de Dengue	Población en riesgo (2018 a 2020)	TIA	RTI	IC (95%)		Valor P	Valor Z
<62,471	10**	584	857611	68,096	Valor de referencia**	Valor de referencia**		Valor de referencia**	Valor de referencia**
	11***								
	14**								
62,471a 70,497	2**	657	1356485	48,434	0,711	LI	0,636	0,000	-6,02
	4**					LS	0,795		
	7***					LI	0,779		
70,498 a 74,307	5**	977	1662579	58,764	0,863	LS	0,956	0,005	-2,82
	8**								
	15**								
>74,307	16**	577	1437876	40,129	0,589	LI	0,525	0,00	-9,115
	6**					LS	0,661		
	9**								

La humedad promedio para todas las comunas en estudio durante los años 2018, 2019 y 2020 osciló entre los 39,95% y 82,72%. La comuna que registró el valor más bajo de fue El Poblado para el año 2018, mientras que el valor más alto se presentó en la Comuna 16 Belén para el año 2019 (ver Anexo 4) .

En general, el comportamiento del año 2018 al 2019 fue en aumento, mientras que en los años 2019 a 2020 no se marcó una tendencia puesto que para algunas comunas incrementó y para otras disminuyó.

5.2.5 Dengue y Casos en Sexo femenino

Se utilizó el promedio de casos de dengue clásico presentados en el sexo femenino de los años 2018, 2019 y 2020 agrupados por rangos de cuartiles. Según la Tabla 13, la TIA es mayor en las comunas de Belén, Villa hermosa, Robledo y Manrique. Estas comunas se encuentran entre las que más poseen población de sexo femenino para los periodos en mención superando la población masculina, según registros de la Alcaldía de Medellín.

⁸ * TIA= Tasa de Incidencia Acumulada de Dengue por 100000 habitantes

** Comuna donde se realizaron liberaciones de mosquitos con *Wolbachia*

*** Limítrofe con Comuna donde se realizaron liberaciones de mosquitos con *Wolbachia*

Tabla 13. Ocurrencia de dengue clásico en las comunas de Medellín 2018 a 2020 relacionados a la afiliación al sexo femenino⁹.

Rangos	Código Comunas	Casos de Dengue	Población en riesgo (2018 a 2020)	TIA	RTI	IC (95%)		Valor P	Valor Z
<26,9167	2**	598	1124901	53,160	Valor de referencia**	Valor de referencia**		Valor de referencia**	Valor de referencia**
	12***					15**			
26,9167 a 31,1667	1**	774	1437345	53,849	1,013	LI	0,91	0,813	0,237
	10**					LS	1,127		
	11***								
31,1668 a 39,5000	4**	802	1821636	44,026	0,828	LI	0,745	0,000	-3,494
	5**					LS	0,921		
	6**								
	9**								
>39,5000	3**	1244	2179529	57,077	1,074	LI	0,974	0,153	1,429
	7***					LS	1,184		
	8**								
	16**								

En el Anexo 5 se observa un comportamiento decreciente para todas las comunas durante los tres años de estudio a excepción de las comunas Manrique, Castilla, Villa hermosa, La Candelaria, El Poblado y Belén; los cuales muestran un incremento del año 2018 al 2019 y disminución para el 2020. El mayor número de casos de dengue clásico en sexo femenino se presentó para el año 2018 en la comuna 4 Aranjuez, mientras que el menor se registró en la comuna 12 La América durante el año 2020.

5.2.6 Dengue y Casos en Sexo masculino

Se utilizó el promedio de casos de dengue clásico para el sexo masculino de los años 2018, 2019 y 2020 agrupados por rangos de cuartiles. Según la Tabla 15, la TIA es mayor en las comunas de Belén, Villa hermosa, Robledo y Manrique. Estas comunas se encuentran entre las que más poseen población de sexo masculino para los periodos en mención, sin superar la femenina, según registros de la Alcaldía de Medellín.

Tabla 14. Ocurrencia de dengue clásico en las comunas de Medellín 2018 a 2020 relacionados a la afiliación al sexo masculino⁹.

Rangos	Códigos Comunas	Casos de Dengue	Población en riesgo (2018 a 2020)	TIA	RTI	IC (95%)		Valor P	Valor Z
<30,8333	1**	586	1220394	48,017	Valor de referencia**	Valor de referencia**		Valor de referencia**	Valor de referencia**
	2**					15**			
30,8333 a 34,3333	5**	771	1695070	45,485	0,947	LI	0,851	0,323	-0,989
	6**					LS	1,055		
	9**								
	11***								
34,3334 a 43,0000	4**	817	1468418	55,638	1,159	LI	1,042	0,006	2,724
	10**					LS	1,288		
	13**								
	14**								
>43,0000	3**	1244	2179529	57,077	1,189	LI	1,077	0,001	3,454
	7***					LS	1,311		
	8**								
	16**								

⁹ * TIA= Tasa de Incidencia Acumulada de Dengue por 100000 habitantes

** Comuna donde se realizaron liberaciones de mosquitos con *Wolbachia*

*** Limítrofe con Comuna donde se realizaron liberaciones de mosquitos con *Wolbachia*

El análisis de casos de dengue clásico en sexo masculino permite evidenciar que donde se presentó el número mayor de casos es la comuna 16 Belén durante el año 2019, para el resto de los años se muestra un número igualmente elevado. El menor número de casos de dengue clásico en el género masculino se presentó en la Comuna 15 Guayabal. El comportamiento general muestra una tendencia a la disminución desde el primer año de estudio hasta el último. Las únicas comunas con un comportamiento creciente del año 2018 a 2019 fueron El Poblado y Belén (ver Anexo 6).

5.2.7 Dengue y Número de Pobres (NdP)

Para la variable NdP se observa un comportamiento inversamente proporcional a la TIA para los años de estudio, indicando que a mayor NdP, mayor número de casos de dengue clásico según la Tabla 16.

Tabla 15. Ocurrencia de dengue clásico en las comunas de Medellín 2018 a 2020 relacionados al número de pobres¹⁰

Rangos n° de pobres	Códigos Comunas	Casos de Dengue	Población en riesgo (2018 a 2020)	TIA	RTI	IC (95%)		Valor P	Valor Z
<9424,464	10** 11*** 12*** 14**	716	1116558	64,126	Valor de referencia**	Valor de referencia**		Valor de referencia**	Valor de referencia**
9424,464 a 20247,209	5** 9** 15** 16**	911	1669682	54,561	0,851	LI	0,772	0,001	-3,298
						LS	0,938		
20247,209 a 25205,812	2** 4** 7*** 8**	926	1829097	50,626	0,789	LI	0,716	0,000	-4,761
						LS	0,87		
> 25205,812	1** 3** 6** 13**	865	1948074	44,403	0,692	LI	0,627	0,000	-7,316
						LS	0,765		

Se puede observar según el Anexo 7, que la comuna con mayor número de pobres fue Doce de Octubre con 40924 para el año 2019 y Manrique con 29130 para el 2018, mientras que la comuna con menor número de pobres fue Poblado con 1756 y 2779 para 2018 y 2019 respectivamente. Para las 16 comunas de la ciudad, durante el 2018 hubo 272859 pobres, mientras que para el 2019 aumentaron a 325022. Durante el 2020 no fue posible cuantificar el número de pobres debido a la pandemia del SARS-Cov2, ya que con las cuarentenas y el estado de alerta, el personal de la Alcaldía no pudo movilizarse a los hogares para hacer el análisis de la variable.

5.2.8 Dengue y Tasa de Educación Neta Total (TCEdNtTo)

Para esta variable se observa en la Tabla 17 una tendencia de aumento, donde a mayor Tasa de Educación Neta Total también aumenta la TIA de dengue clásico. Respecto a esta variable, según el Anexo 8, las comunas con mayor

¹⁰ * TIA= Tasa de Incidencia Acumulada de Dengue por 100000 habitantes

** Comuna donde se realizaron liberaciones de mosquitos con *Wolbachia*

*** Limítrofe con Comuna donde se realizaron liberaciones de mosquitos con *Wolbachia*

Tasa de Educación Neta Total fueron La América durante 2018 y 2019, y Laureles-Estadio durante el 2020, mientras que la de menor valor para los tres años estudiados fue Poblado.

En promedio, la tendencia de esta variable fue decreciente, ya que en cada año estudiado disminuyó, pasando del 94 al 89,9.

Tabla 16. Ocurrencia de dengue clásico en las comunas de Medellín 2018 a 2020 relacionados a la Tasa de Educación Neta Total¹¹

Rangos TCEdNtTo	Códigos Comunas	Casos de Dengue	Población en riesgo (2018 a 2020)	TIA	RTI	IC (95%)		Valor P	Valor Z
<81,975	1** 2** 6** 14**	717	1629307	44,006	Valor de referencia**	Valor de referencia**		Valor de referencia**	Valor de referencia**
81,975 a 86,933	3** 4** 5** 13**	895	1793916	49,891	1,134	LI	1,028	0,012	2,506
						LS	1,251		
86,934 a 99,3	7*** 8** 15** 16**	1078	1868665	57,688	1,311	LI	1,193	0,000	5,635
						LS	1,441		
>99,3	9** 10** 11*** 12***	728	1271523	57,254	1,301	LI	1,174	0,000	5,016
						LS	1,442		

5.2.9 Dengue y Tasa de Homicidios (THom)

Respecto a la Tasa de Homicidios, se observa en la Tabla 18 un comportamiento directamente proporcional creciente, donde a mayor Tasa de Homicidios, mayor TIA.

Tabla 17. Ocurrencia de dengue clásico en las comunas de Medellín 2018 a 2020 relacionados a la Tasa de Homicidio¹¹.

Rangos TasaHom	Códigos Comunas	Casos de Dengue	Población en riesgo (2018 a 2020)	TIA	RTI	IC (95%)		Valor P	Valor Z
<10,467	2** 3** 9** 14**	835	1656533	50,406	Valor de referencia**	Valor de referencia**		Valor de referencia**	Valor de referencia**
10,467 a 20,183	1** 6** 8** 16**	1040	2050464	50,720	1,006	LI	0,919	0,894	0,134
						LS	1,102		
20,184 a 25,308	4** 5** 7*** 11***	878	1687526	52,029	1,032	LI	0,939	0,512	0,655
						LS	1,135		
>25,308	10** 12*** 13** 15**	665	1168888	56,892	1,129	LI	1,019	0,020	2,33
						LS	1,25		

¹¹ * TIA= Tasa de Incidencia Acumulada de Dengue por 100000 habitantes

** Comuna donde se realizaron liberaciones de mosquitos con *Wolbachia*

*** Limítrofe con Comuna donde se realizaron liberaciones de mosquitos con *Wolbachia*

Según se observa en el Anexo 9, la tasa de homicidios más alta en la comuna 10 La Candelaria, mientras que la más baja se presenta en la comuna 9 Buenos Aires. Esta tendencia es totalmente similar a la presentada en los informes de la Alcaldía de Medellín para los años en mención. El comportamiento no destaca una tendencia clara, puesto que mientras que para comunas como Santa Cruz la tendencia es a incrementar, algunas otras como Laureles-Estadio la tendencia es al decrecimiento.

Igualmente se evidencia un rango en las tasas bastante amplio desde 4,5% llegando hasta 142,3% durante el mismo año.

5.2.10 Dengue y Hogares sin servicios públicos (HsinSP)

Para la variable Hogares sin servicios públicos se tomó la información de la Alcaldía de Medellín en la que se mide la proporción de Hogares sin acceso al agua potable, alcantarillado, recolección de basuras y energía eléctrica. Se tomaron los años 2018 y 2019 y se excluyeron las comunas Aranjuez, Robledo, La Candelaria, Laureles Estadio, La América, Poblado, Guayabal y Belén por no presentar datos de hogares sin servicios públicos. Tomando las comunas restantes, se puede observar una tendencia directamente proporcional, en la que a mayor número proporción de HsinSP, mayor TIA (Tabla 19).

Tabla 18. Ocurrencia de dengue clásico en las comunas de Medellín 2018 a 2020 relacionados al índice de Hogares sin Servicios Públicos¹²

Rangos n° de HsSP	Códigos Comunas	Casos de Dengue	Población en riesgo (2018 a 2020)	TIA	RTI	IC (95%)		Valor P	Valor Z
0,1 a 0,15	4** 7*** 10** 11*** 12*** 14** 15** 16**	899	2007546	44,283	Valor de referencia**	Valor de referencia**		Valor de referencia**	Valor de referencia**
0,16 a 0,26	3** 6** 9** 13**	340	721864	47,100	1,064	LI	0,939	0,333	0,967
						LS	1,205		
>0,262	1** 2** 5** 8**	448	892855	50,176	1,133	LI	1,011	0,031	2,158
						LS	1,269		

Para esta variable se observa que durante el 2018 la comuna Villa Hermosa fue la de mayor índice de hogares sin servicios públicos, valor que disminuyó para el 2019 pasando de 0,7 a 0,2, sin embargo la misma comuna, junto con Popular son las únicas que tienen Hogares sin servicios públicos para los años estudiados. De forma similar a otras variables mencionadas anteriormente, en el 2020 no fue parametrizada por la contingencia sanitaria.

¹² * TIA= Tasa de Incidencia Acumulada de Dengue por 100000 habitantes

** Comuna donde se realizaron liberaciones de mosquitos con *Wolbachia*

*** Limítrofe con Comuna donde se realizaron liberaciones de mosquitos con *Wolbachia*

5.3 Análisis Estratificado

5.3.1 Dengue y precipitación promedio ajustados por altitud 2018 a 2020.

Con la estratificación por altitud se observa en la Tabla 20 una tendencia donde la mayor TIA se presenta en las comunas con menor altitud y precipitación. Tendencia que se repite en el segundo rango cuartílico de altitud. Sin embargo en los siguientes se observa un aumento de la TIA en la mayor altitud y precipitación (Q3 AltP 56,918 y Q4 AltP 57,152), sin embargo sigue estando por debajo de la máxima del Q1 AltP (77,754)

Tabla 19. Ocurrencia de dengue clásico en las comunas de Medellín 2018 a 2020 relacionados a la precipitación estratificada por altitud¹³

Rangos Altitud (msnm)	Rangos Precipitación (mm)	Casos de Dengue	Población en riesgo (2018 a 2020)	TIA	RTI	IC (95%)	Valor P	Valor Z
<1507	<2385,49175	331	425700	77,754	Valor de referencia**	Valor de referencia**	Valor de referencia**	Valor de referencia**
	2385,492 a 3052,813	401	730504	54,894	0,706	LI 0,61 LS 0,817	0,000	-4,712
1507 a 1576	<2385,49175	397	619691	64,064	Valor de referencia**	Valor de referencia**	Valor de referencia**	Valor de referencia**
	3052,813 a 3218,776	188	375468	50,071	0,782	LI 0,657 LS 0,93	0,005	-2,791
	>3218,776	334	743188	44,942	0,702	LI 0,605 LS 0,813	0,000	-4,8
1577 a 1693,25	2385,492 a 3052,813	480	906304	52,962	Valor de referencia**	Valor de referencia**	Valor de referencia**	Valor de referencia**
	3052,813 a 3218,776	195	537918	36,251	0,684	LI 0,58 LS 0,808	0,000	-4,491
	>3218,776	269	472612	56,918	1,075	LI 0,926 LS 1,248	0,344	0,946
>1693,25	<2385,49175	152	346396	43,880	Valor de referencia**	Valor de referencia**	Valor de referencia**	Valor de referencia**
	3052,813 a 3218,776	382	899958	42,446	0,967	LI 0,802 LS 1,167	0,729	-0,346
	>3218,776	289	505672	57,152	1,302	LI 1,07 LS 1,585	0,008	2,645

5.3.2 Dengue y temperatura ambiental promedio ajustados por altitud 2018 a 2020.

Para este indicador ambiental se observó un comportamiento directamente proporcional dentro de los diferentes rangos de altitud donde a mayor temperatura mayor riesgo de Dengue y viceversa (Tabla 21). Igualmente se observa que la mayor TIA para los años en estudio se da en la menor altitud.

Un análisis individual de los diferentes cuartiles de altitud muestra el mismo patrón de comportamiento, entre mayor sea la temperatura, mayor es la TIA.

¹³ TIA= Tasa de Incidencia Acumulada de Dengue por 100000 habitantes

Tabla 20. Ocurrencia de dengue clásico en las comunas de Medellín 2018 a 2020 relacionados a la temperatura ambiental promedio estratificada por altitud¹⁴

Rangos Altitud (msnm)	Rangos Temperatura (°C)	Casos de Dengue	Población en riesgo (2018 a 2020)	TIA	RTI	IC (95%)	Valor P	Valor Z
<1507	18,0008 a 18,6490	339	623343	54,384	Valor de referencia**	Valor de referencia**	Valor de referencia**	Valor de referencia**
	>18,6490	393	532861	73,753	1,356	LI 1,173 LS 1,568	0,00	4,126
1507 a 1576	15,400 a 18,0007	585	995159	58,785	Valor de referencia**	Valor de referencia**	Valor de referencia**	Valor de referencia**
1577 a 1693,25	<15,400	464	1010530	45,916	Valor de referencia**	Valor de referencia**	Valor de referencia**	Valor de referencia**
	18,0008 a 18,6490	289	581554	49,694	1,082	LI 0,934 LS 1,254	0,291	1,055
>1693,25	15,400	203	479715	42,317	Valor de referencia**	Valor de referencia**	Valor de referencia**	Valor de referencia**
	15,400 a 18,0007	179	420243	42,594	1,007	LI 0,823 LS 1,231	0,949	0,064
	18,0008 a 18,6490	152	346396	43,880	1,037	LI 0,84 LS 1,28	0,735	0,338

5.3.3 Dengue y humedad relativa promedio ajustados por altitud 2018 a 2020.

Se observó según la Tabla 22 un comportamiento directamente proporcional dentro de los diferentes rangos de altitud donde a menor humedad mayor riesgo de Dengue y a mayor humedad, menor riesgo de dengue clásico.

Igualmente se observa que la mayor TIA para los años en estudio se da en la menor altitud. Un análisis individual de los diferentes cuartiles de altitud muestra el mismo patrón de comportamiento, entre menor sea la humedad relativa, mayor es la TIA.

Tabla 21. Ocurrencia de dengue clásico en las comunas de Medellín 2018 a 2020 relacionados a la humedad relativa promedio estratificados por altitud

Rangos Altitud (msnm)	Rangos Humedad	Casos de Dengue	Población en riesgo (2018 a 2020)	TIA	RTI	IC (95%)	Valor P	Valor Z
<1507	<62,471	393	532861	73,753	Valor de referencia**	Valor de referencia**	Valor de referencia**	Valor de referencia**
	62,471 a 70,496	216	428535	50,404	0,683	LI 0,807 LS 0,579	0,00	-4,521
	70,497 a 74,307	123	194808	63,139	0,856	LI 1,948 LS 0,699	0,132	-1,505
1507 a 1576	70,497 a 74,307	585	995159	58,785	Valor de referencia**	Valor de referencia**	Valor de referencia**	Valor de referencia**
1577 a 1693,25	<62,471	191	324750	58,814	Valor de referencia**	Valor de referencia**	Valor de referencia**	Valor de referencia**
	62,471 a 70,496	289	581554	49,694	0,845	LI 0,704 LS 1,014	0,07	-1,809
	70,497 a 74,307	269	472612	56,918	0,968	LI 0,804 LS 1,165	0,729	-0,346
	>74,307	195	537918	36,251	0,616	LI 5,505 LS 0,752	0,00	-5,80
>1693,25	62,472 a 70,496	152	346396	43,880	Valor de referencia**	Valor de referencia**	Valor de referencia**	Valor de referencia**
	>74,307	382	899958	42,446	0,967	LI 8,019 LS 11,678	0,73	-0,346

¹⁴ TIA= Tasa de Incidencia Acumulada de Dengue por 100000 habitantes

5.4 Matriz de correlaciones de la TIA de dengue clásico con indicadores ambientales y sociodemográficos en Medellín (2018 a 2020)

Según la Tabla 23, respecto a la TIA que fue la variable dependiente para el estudio, se obtuvo una correlación negativa con Altitud Promedio de $\rho=-61,2\%$ ($p=0,012$), con Humedad Relativa $\rho=63,7\%$ ($p=0,019$), con Número de Pobres de $\rho=-68,2\%$ ($p=0,004$) y Hogares sin Servicios Públicos de $\rho=-56,4\%$ ($p=0,023$). Otras correlaciones de interés para el estudio fueron Altitud con Temperatura $\rho=56,0\%$ ($p=0,046$), Altitud con Humedad $\rho=56,6\%$ ($p=0,44$), Altitud con Tasa de Homicidios $\rho=-79,7\%$ ($P<0,05$), Hogares sin Servicios Públicos y Altitud $\rho=65,3\%$ ($p=0,006$), Número de pobres con Hogares sin Servicios Públicos $\rho=56,2\%$ ($p=0,023$).

Tabla 22. Matriz de correlaciones¹⁵

		Correlaciones											
		TIA***	Alti	Prec	Temp	Hum	CSexoFProm	CSexoMProm	NPobres	TCEdNtTo	THom	HsinSP	
Rho de Spearman	TIA***	Coefficiente de correlación	1,000	-.612*	-.462	0,495	-.637*	0,026	0,191	-.682**	0,435	0,253	-.564*
		Sig. (bilateral)		0,012	0,072	0,086	0,019	0,922	0,478	0,004	0,092	0,345	0,023
		N	16	16	16	13	13	16	16	16	16	16	16
	Alti	Coefficiente de correlación	-.612*	1,000	0,326	-.560*	,566*	0,065	-0,104	,515*	-.512*	-.797**	,653**
		Sig. (bilateral)	0,012		0,217	0,046	0,044	0,812	0,700	0,041	0,043	0,000	0,006
		N	16	16	16	13	13	16	16	16	16	16	16
	Prec	Coefficiente de correlación	-.462	0,326	1,000	-.643*	0,484	-0,053	0,012	0,250	-0,015	-0,076	0,490
		Sig. (bilateral)	0,072	0,217		0,018	0,094	0,846	0,965	0,350	0,957	0,778	0,054
		N	16	16	16	13	13	16	16	16	16	16	16
	Temp	Coefficiente de correlación	0,495	-.560*	-.643*	1,000	-.835**	-0,313	0,017	-0,374	0,187	0,396	-.643*
		Sig. (bilateral)	0,086	0,046	0,018		0,000	0,297	0,957	0,209	0,541	0,181	0,018
		N	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
	Hum	Coefficiente de correlación	-.637*	,566*	0,484	-.835**	1,000	0,258	-0,245	,632*	-0,181	-0,231	,682*
		Sig. (bilateral)	0,019	0,044	0,094	0,000		0,394	0,420	0,021	0,553	0,448	0,010
		N	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
	CSexoFProm	Coefficiente de correlación	0,026	0,065	-0,053	-0,313	0,258	1,000	,758**	0,418	0,024	-0,262	0,095
		Sig. (bilateral)	0,922	0,812	0,846	0,297	0,394		0,001	0,107	0,931	0,327	0,726
		N	16	16	16	13	13	16	16	16	16	16	16
	CSexoMProm	Coefficiente de correlación	0,191	-0,104	0,012	0,017	-0,245	,758**	1,000	0,178	-0,013	-0,041	-0,075
		Sig. (bilateral)	0,478	0,700	0,965	0,957	0,420	0,001		0,509	0,961	0,880	0,782
		N	16	16	16	13	13	16	16	16	16	16	16
	NPobres	Coefficiente de correlación	-.682**	,515*	0,250	-0,374	,632*	0,418	0,178	1,000	-0,476	-0,221	,562*
		Sig. (bilateral)	0,004	0,041	0,350	0,209	0,021	0,107	0,509		0,062	0,412	0,023
		N	16	16	16	13	13	16	16	16	16	16	16
	TCEdNtTo	Coefficiente de correlación	0,435	-.512*	-0,015	0,187	-0,181	0,024	-0,013	-0,476	1,000	0,450	-0,387
		Sig. (bilateral)	0,092	0,043	0,957	0,541	0,553	0,931	0,961	0,062		0,080	0,139
		N	16	16	16	13	13	16	16	16	16	16	16
	THom	Coefficiente de correlación	0,253	-.797**	-0,076	0,396	-0,231	-0,262	-0,041	-0,221	0,450	1,000	-0,364
Sig. (bilateral)		0,345	0,000	0,778	0,181	0,448	0,327	0,880	0,412	0,080		0,165	
N		16	16	16	13	13	16	16	16	16	16	16	
HsinSP	Coefficiente de correlación	-.564*	,653**	0,490	-.643*	,682*	0,095	-0,075	,562*	-0,387	-0,364	1,000	
	Sig. (bilateral)	0,023	0,006	0,054	0,018	0,010	0,726	0,782	0,023	0,139	0,165		
	N	16	16	16	13	13	16	16	16	16	16	16	

15 * La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral)

** La correlación es significativa en el 0,01 (bilateral)

*** TIA= Tasa de Incidencia Acumulada por 100000 habitantes

6. DISCUSIÓN

La estrategia *Wolbachia* inició de forma oficial en Medellín desde el año 2017 con las inoculaciones de la bacteria en los mosquitos y las liberaciones graduales en la ciudad (90). Como se ilustra en la Tabla 7, para Medellín durante los años de estudio (2018 a 2020) la TIA de dengue clásico fue de 52,077 casos por 100000 habitantes, estando cerca a la del departamento de Antioquia (56,679) pero por debajo de la de Colombia (165,764). Durante cada año estudiado se obtuvo una TIA variable con tendencia decreciente, con un valor P estadísticamente significativo ($P < 0,05$), destacando que para el 2020 hubo una variación considerable donde la TIA pasó de 70,713 durante el 2018, a 33,163 en ese año, lo cual podría estar relacionado con el desarrollo de *Wolbachia*. Según la Tabla 8, se observó que las comunas de mayor TIA fueron La Candelaria, Laureles-Estadio, Guayabal y Belén, las cuales comparadas con la de Medellín se consideraron hiperendémicas por tener TIAs superiores.

Dentro del proyecto se consideraron un gran número de variables adicionales a las enunciadas en la sección de resultados pero en las que no se observaron patrones o tendencias estadísticas que pudiera contribuir a la comprensión de las variaciones de la TIA de dengue clásico en los años siguientes al desarrollo del proyecto del World Mosquito Program, por lo que fueron descartadas y se conservaron las presentadas en los diferentes análisis descritos.

Si se observa el patrón de Figura 9, las comunas mencionadas anteriormente están ubicadas en los rangos de menor altitud, específicamente en el caso de La Candelaria, Laureles-Estadio y Guayabal, que presentaron la mayor TIA. Siendo coherente con el estudio de Vásquez, donde a menor Altitud aumenta la TIA de Dengue y que se puede observar en la Tabla 9 donde en cada cuartil ocurrió una disminución progresiva a medida que las comunas eran más altas, teniendo en cuenta que se utilizó una Altitud promedio para cada una. En Colombia se creía que *Aedes aegypti* solo era capaz de adaptarse a lugares con una altitud inferior a los 1585 msnm, sin embargo durante 1981 Suarez y Nelson (48) lograron registrar la presencia del mosquito en municipios entre 1600 y 2200 msnm, siendo este el límite superior en la región suramericana, este estudio fue realizado en el departamento de Santander y luego fue aplicado en los municipios antioqueños de Bello y San Pedro de los Milagros con una altitud promedio de 1800 msnm por Ruiz-López et. al 2016 (106). La altitud promedio de las comunas de Medellín oscila entre 1452 y 1833 msnm (Anexo 1), por lo que esta variable fue uno de los condicionantes más fuertes en la incidencia de dengue clásico, así las comunas de Guayabal, Belén, Estadio y Calendaria en las que se realizó la intervención con *Wolbachia*, también fueron las que se localizaron en el cuartil inferior de la altitud y tuvieron TIA mas altas con patrones hiper y meso endémicos de dengue clásico.

En la Tabla 11 se observa que a mayor precipitación parece disminuir la TIA, siendo estadísticamente significativa la comparación de todos los rangos de precipitación respecto al $< 2385,492$. Se observa que la misma tendencia ocurre al estratificar la variable con los rangos de Altitud, lo cual ayuda a corroborar que

en la ciudad la incidencia de dengue clásico disminuye en las comunas de menor Altitud cuando hay mayores precipitaciones, mientras que, en las de mayor Altitud, la TIA aumenta cuando hay mayores precipitaciones. A pesar de que haya una Altitud menor en los primeros cuartiles, la precipitación alta no ayudaría a que este mosquito logre su supervivencia. En un estudio realizado en cinco ciudades de Taiwán, a medida que aumenta la variabilidad de las precipitaciones, disminuye la abundancia máxima de mosquitos y si se da una disminución en la variabilidad se reduce la probabilidad de disminución de sus poblaciones (107). Mientras que, en las de mayor altitud, al haber una mayor precipitación, se podrían formar aguas estancadas y debido a que a mayor altitud, la evaporación del agua es más lenta y estas podrían servir como lugares de cría del vector. En el estudio “Abundance model improved with relative humidity and precipitation-driven egg hatching,” Lega et. Al describieron la poca actividad de oviposición de *Ae. aegypti* durante los inviernos secos, mientras que durante la temporada de lluvias fue mayor debido a que por la presión de vapor del agua, la temperatura y la humedad relativa, esta actividad es afectada, siendo mayor durante la temporada de lluvias. Según sus conclusiones, al haber una disminución del vapor de agua disminuyen el número de huevos, relacionada al aumento de la mortalidad en mosquitos adultos (108).

La relación bivariada dengue – temperatura muestra un comportamiento en aumento a medida que dicho indicador ambiental es más alto (Tabla 12), es decir, entre más elevada sea la temperatura mayor es la intensidad de ocurrencia de la enfermedad para los años en estudio.

Este comportamiento es similar en los rangos cuartílicos de altitud (Tabla 21), en donde las comunas Laureles Estadio, Candelaria, Aranjuez y Guayabal presentan un valor <1507 msnm, su temperatura es más elevada y la tasa de incidencia acumulada de la enfermedad es mayor. Estudios como *Influencia de la temperatura ambiental en el mosquito Aedes spp y la transmisión del Virus del Dengue* realizado por Yusselky Márquez Benítez y compañía en la ciudad de Medellín, indican que la temperatura puede ejercer una considerable influencia en la capacidad vectorial, ya que impacta en la dinámica de la población del mosquito, la cinética del ciclo biológico, la respuesta inmunológica frente al Virus del Dengue, entre otros aspectos (109).

En el estudio *El impacto del cambio climático en la prevalencia del dengue en México* presentado por Zamora-Ramírez M.G y compañía se argumenta que la esperanza de vida del mosquito es variable, con temperaturas mayores a 31°C se acelera su envejecimiento y mortalidad, mientras que con temperaturas menores de 21°C es infeccioso por más tiempo, debido a que el desarrollo y duración de vida son más largos (110); esto concuerda con los resultados obtenidos en el rango de temperatura del estudio. En Taiwán se realizó un estudio donde se determinó que la temperatura óptima para desarrollo de la hembra de *Aedes aegypti* es entre 27,27°C a 30,17°C. Así mismo Tu-Lin Burkot y Kay (111) encontraron que la temperatura de mejor sobrevivencia de las hembras es entre 20°C y 30°C, rango entre el cual se encuentra la temperatura de la mayor parte de las comunas como se observó en la Tabla 12.

Los rangos cuartílicos se presentaron desde <62,471% hasta >74,307% y el comportamiento de la intensidad de ocurrencia de la enfermedad fue mayor cuando se presentó un menor porcentaje de humedad relativa.

El análisis estratificado es concordante con el análisis bivariado, en donde el comportamiento se mantiene de forma directamente proporcional. Las comunas Laureles Estadio, Candelaria, Aranjuez y Guayabal que presentan un valor <1507 msnm y se encuentran dentro del menor rango de humedad muestran el valor más elevado 73,753 de TIA de la enfermedad. Mientras que el mayor rango cuartil de este factor indican la menor tasa de incidencia acumulada de 36,251.

En el estudio realizado en Ecuador, para el año 2016 llamado *Factores relacionados con la dinámica del dengue en Guayaquil, basado en tendencias históricas*, se obtuvieron resultados que indican que la variable humedad mantiene un promedio de 50 a 80%, observándose un aumento de casos cuando existe una humedad por encima del 70%, lo que podría dar condiciones favorables para el mantenimiento de la transmisión de la enfermedad. Es decir, que a humedad promedio alta en la etapa lluviosa se relaciona con el aumento del dengue, con un porcentaje de variabilidad no fiable (112). Estos resultados no se ajustan a los obtenidos en el presente estudio (Tabla 13) ya que muestran un resultado inverso, sin embargo, es importante resaltar que, según expresan en el mismo estudio, los casos con la temperatura promedio semana a semana que está dada entre 23 a 28°C, se tuvo el hallazgo de que cuando disminuye la temperatura bajan los casos o cuando aumenta la temperatura por encima del límite superior promedio que se encuentra entre los 28 a 33 grados centígrados, los casos se incrementan, pero con un porcentaje de variabilidad no fiable, lo que quiere decir que no necesariamente el comportamiento está directamente relacionado a la humedad relativa sino, más bien, a la temperatura (112).

Otros estudios, como *Factores climáticos y casos de dengue en Montería, Colombia. 2003-2008* indican en sus resultados que el análisis bivariado de los casos dengue no estuvo influenciado de forma significativa por la HUM relativa (R² 17 %), la PLUV (R² 18,3 %) y la TEMP (R² 1,8 %) y que los fenómenos continentales del Niño y la Niña no influenciaron los casos de dengue (113).

Para la variable Casos en Sexo Femenino (Tabla 14) se obtuvieron las TIA más altas en las comunas Belén, Villa hermosa, Robledo y Manrique las cuales se encuentran entre las ocho comunas con mayor población femenina durante el período de estudio; mientras que las tasas más bajas se presentan en los rangos cuartiles medios 31,1668 a 39,5000 en las comunas Aranjuez, Castilla, Doce de octubre y Buenos Aires.

En el estudio realizado en el año 2019 llamado *Las mujeres están más expuestas al dengue* en México hacen alusión al simposio que llevó por nombre *estrategias clave para la prevención, diagnóstico y tratamiento* y donde citan a la epidemióloga de la Secretaría de Salud de Jalisco Karen Gallo, la cual afirma que las madres de familia están entre los jaliscienses que presentan mayor

incidencia de dengue, debido a que el mosquito es un insecto doméstico y quienes se quedan en casa, son en su mayoría mujeres, por lo que tienen más exposición (114). En otros estudios, por ejemplo, *Factores de riesgos asociados a la infección por dengue en San Mateo, Anzoátegui, Venezuela* en el año 2011 se argumenta que El sexo femenino ha sido considerado por algunos como un factor de riesgo del dengue, dado que el *Aedes aegypti* es criado en el hogar y generalmente la mujer tiene mayor exposición por su condición de ama de casa. Estudios realizados en el Sudeste Asiático mostraron que eran más propensas las mujeres a complicarse y agravar, lo cual coincide con el resultado de otro estudio hecho en adultos con Dengue y fiebre hemorrágica durante la epidemia cubana de 1981 (115).

En cuanto a los casos en el sexo masculino (Tabla 15), las tasas de incidencia acumulada más altas se presentaron en las comunas Belén, Villa hermosa, Robledo y Manrique, las cuales presentan el mayor número de población masculina para el periodo estudiado.

Según el Instituto Nacional de Salud en su *informe de evento dengue, Colombia, 2018* La incidencia acumulada de dengue en Colombia fue de 168,8 casos por 100000 habitantes, siendo significativamente superior en la población masculina respecto a la población femenina (razón de incidencia, hombres respecto mujeres: 1,2 IC 95 % 1,2 – 1,3) y concluyeron que la incidencia de dengue fue mayor en hombres que en mujeres, contrario a lo que otros autores han descrito, sugiriendo que la población más afectada con este virus son las mujeres, relacionado posiblemente con la domiciliación del vector *Aedes aegypti* y la labor típica de cada sexo, en el que las mujeres suelen estar más tiempo en las viviendas (116). Para este trabajo, el total de casos de dengue dados en sexo masculino durante los tres años de estudio fue superior al total de casos femeninos durante el mismo período y comunas en estudio. Presentando un total de 1614 casos de dengue en sexo femenino frente a 1818 en sexo masculino.

Las comunas con mayor número de pobres y con menores Tasas Netas de Educación muestran que las TIA son menores respecto a las demás (Tablas 16,17), lo cual podría estar relacionado con el desconocimiento de la sintomatología de dengue, acceso a atención oportuna en salud, costos de la enfermedad, pruebas diagnósticas, entre otros aspectos relacionados con el nivel socioeconómico de la población de estas comunas, tales como Doce de Octubre, Manrique, Popular y San Javier. Según Teglia (117), detrás de todos los factores favorecedores del dengue se encuentra a la pobreza y la desigualdad, existentes cual un estigma en muchos países de Latinoamérica y futuros programas de control deberían tener especialmente en cuenta el mejoramiento de esta condición para su control. También es congruente con Lai et. Al, quienes indican que más del 80% de la población en América Latina vive en zonas urbanas con grandes áreas denominadas de: “urbanización no planificada o desorganizada” y que generalmente se ubican en las periferias, con unas condiciones de vivienda inadecuadas, gestión de residuos ineficiente, ausencia de agua potable o alcantarillado y presencia de elementos al aire libre como llantas, latas y otros, sugiriendo así que el estado socio-económico bajo es

un factor de riesgo para desarrollar dengue, especialmente dengue hemorrágico o grave (118), aunque en el caso de Medellín, los casos de dengue grave en los años de estudio descendieron como se mencionaba previamente, posiblemente asociados al desarrollo del World Mosquito Program con *Wolbachia*.

La Tasa de Homicidios muestra un comportamiento directamente proporcional creciente (Tabla 18). Para llegar a ello, se establecieron cuatro rangos cuartílicos que van desde <10,467 hasta >25,308 y en este se evidencia que a mayor Tasa de Homicidios, mayor incidencia acumulada.

Algunos informes periodísticos realizados por la newsletter de la Ciudad de México en el año 2014 reportaron que la ciudad de Acapulco era considerada como la segunda ciudad más violenta del mundo por su alta tasa de homicidios. Desde comienzos de 2013, se venía registrando en el estado de Guerrero, donde se ubica Acapulco, un alarmante incremento de los casos de dengue, que hacía temer un brote de la enfermedad durante la época de lluvias. La situación se tornó especialmente preocupante cuando, por cuestiones relacionadas con el contexto de violencia que se vive en Acapulco, los programas de salud institucionales dedicados a la lucha contra el dengue se vieron suspendidos en algunas de las zonas más vulnerables de la ciudad (119). Este comportamiento puede dar explicación a los fenómenos relacionados con la TIA de dengue mayor en algunas comunas con las tasas más altas de homicidio de la ciudad de Medellín donde la ejecución tanto del World Mosquito Program y de las demás estrategias contra el dengue pueden verse afectadas por las problemáticas sociales de algunas comunas en particular.

Luego del análisis bivariado y estratificado se decidió comprobar, de las variables estudiadas, cuáles eran las principales modificadoras de la TIA de dengue en las comunas de Medellín mediante la matriz de correlaciones, que fue trascendental para poder observar el comportamiento global de la interacción de todas las variables teniendo como variable dependiente las respectivas TIAS de las 16 comunas en el periodo 2018 a 2020.

Analizando este conjunto de variables y su comportamiento, se encuentra una similitud en lo observado tanto en el análisis bivariado, como en el estratificado y la matriz de correlaciones, donde la Altitud tiene una relación inversa con la TIA de 61,2%, evidenciando una vez más, que, al aumentar la Altitud, disminuye la TIA, y se observa además la interacción de esta variable con la humedad (56,6%), esta última se relacionó de forma negativa con un 63,7% con la TIA. El número de pobres presentó una relación inversa de 68,2%, aportando de nuevo a la hipótesis mencionada en el análisis bivariado donde puede haber una subestimación de casos de dengue en las personas de menores recursos económicos de la ciudad al no ser diagnosticadas o tratadas oportunamente, a su vez está correlacionada con la variable Hogares sin Servicios Públicos (56,2%) siendo coherente desde el punto de vista de que la población con menores ingresos, suele tener problemas para el sostenimiento del pago de las facturas de los servicios.

Justamente con esta variable (HsinSP) que muestra un claro aumento en la TIA en los rangos con mayor número de hogares (Tabla 19) se correlaciona la humedad (68,2%), lo cual podría justificarse desde el punto de vista de que las familias sin acceso al agua potable deben recolectar el líquido en canecas que consigan de sus conocidos, o de fuentes naturales, o inclusive aguas lluvias, lo cual aumenta el nivel de humedad relativa del lugar donde se almacenen y los recipientes se pueden convertir en cultivo de vectores como se mencionaba anteriormente.

Según el World Mosquito Program, con *Wolbachia* se espera que en los lugares donde se establezcan los mosquitos transfectados en un nivel alto, se puedan observar reducciones significativas en la incidencia de enfermedades arbovirales como el dengue, pero las diferencias en la ecología, el clima, la altitud y la complejidad del entorno urbano afectarían la trayectoria de su establecimiento y el momento del impacto sobre la enfermedad (120). Teniendo en cuenta lo anterior, se puede observar que Medellín es un ejemplo de esa premisa desde la segregación por indicadores ambientales y sociodemográficos en el presente estudio.

Los resultados son similares a los reportados en la literatura. Por ejemplo, respecto a los indicadores ambientales, de acuerdo con Vásquez (105), la altitud puede convertirse en el principal modificador de la Tasa de Incidencia de dengue desde el aspecto geográfico o ambiental, lo cual se corrobora con su estudio donde la Altitud tiene un $r=-0,713$ y un $P<0,05$, mientras en el presente estudio, la misma variable tuvo un $\rho=-0,612$ y un $P<0,05$ según la matriz de correlaciones (Tabla 23).

En un estudio realizado en Yogyakarta Indonesia, ciudad que ha sido de las pioneras en implementar el World Mosquito Program, la humedad relativa y la precipitación fueron los indicadores con una mayor correlación y significancia estadística respecto al aumento del dengue con valores $P<0,05$, mientras que la temperatura no fue significativa en este estudio ($P>0,05$) (121). En otro estudio realizado en Sri Lanka, se encontró que la temperatura tuvo una correlación negativa con los casos de dengue ($r=-0,14$, $p<0,05$), mientras la precipitación ($r=0,05$, $p<0,05$) y la humedad ($r=0,11$, $p<0,05$) tuvieron una correlación positiva (122), de forma similar con el presente estudio donde tanto humedad como temperatura fueron estadísticamente significativas ($P<0,05$), mientras que respecto a la correlación se observa que la humedad parece jugar en contra de la transmisión de la enfermedad como se describió anteriormente en el análisis bivariado y estratificado de estas variables.

Según la literatura, los indicadores sociodemográficos desempeñan un papel importante en la incidencia de dengue tal como se pudo observar en los análisis anteriores. Por ejemplo, en un estudio realizado en Nueva Caledonia, indicadores como el desempleo, la baja educación, ingresos, tipo de construcción de la vivienda y haber nacido en el Pacífico fueron las variables estadísticamente más significativas (123). Mientras que en Costa Rica, algunos de los indicadores socioeconómicos estadísticamente significativos fueron el

coeficiente de Gini, Necesidades Básicas Insatisfechas, estado de la vivienda, escolaridad y hacinamiento (124). Cabe destacar que para el presente estudio se analizó el comportamiento de Necesidades Básicas Insatisfechas, estado de la vivienda y hacinamiento sin obtener una tendencia o significancia estadística, sin embargo, la Tasa de Educación Neta Total, hogares sin servicios públicos y el número de pobres fueron estadísticamente significativos, siendo similares a algunos de los estudiados en Costa Rica.

Cabe resaltar que las dinámicas en cada lugar suelen ser diferentes y pueden mostrar algunos indicadores de mayor peso según las condiciones ambientales y sociodemográficas de la región estudiada. Si se observa la Tabla 23, se puede destacar la correlación de la Altitud con variables como el Número de Pobres, Tasa de Educación Neta y Hogares sin Servicios Públicos, donde se podría respaldar la hipótesis enunciada en los análisis bivariados de cada indicador en la cual se destaca que en los barrios periféricos, estarían correlacionados con la incidencia de dengue, e incluso, se podría extrapolar a otras enfermedades, dado que son los lugares donde se requiere una mayor labor social, inversión económica y educativa.

Finalmente, según las Tablas 8 y 9, respecto al desarrollo de la estrategia *Wolbachia* del WMP, se observó que en general para la mayoría de las Comunas hubo una disminución año tras año de la TIA, excepto Castilla que registró datos de liberaciones para el año 2018, en el cuál hubo un aumento de la incidencia, Villa Hermosa con liberaciones en 2018 y 2019, con aumento de TIA en 2019, Laureles Estadio que no tiene datos disponibles de liberaciones, pero con aumento de TIA en 2020, Poblado que no tiene dato para 2019 y 2020, con aumento de la TIA en el 2019, y Belén sin dato de liberaciones para 2018, y aumento de la TIA en 2019. Según lo anterior, y debido a que no se obtuvo información de las comunas Laureles Estadio, Robledo y La América, ni se contó con los datos de las liberaciones durante el año 2020, no se podría confirmar la efectividad real de *Wolbachia*, sin embargo, considerando la disminución de la TIA en la ciudad de Medellín y la mayoría de sus comunas, se podría inferir que ha tenido cierto grado de impacto positivo durante los años en estudio de este proyecto. Aunque la TIA para el área urbana de Medellín, se redujo notablemente durante el periodo de 2018-2020 cuando se realizaron las liberaciones de mosquitos infectados con *Wolbachia*, esta reducción no fue homogénea y los resultados señalan que fue condicionada por aspectos contextuales, como los ambientales y sociodemográficos y que se correlacionaron con la variación observada en la TIA en las diferentes comunas, indicando que la reducción o eliminación del dengue requiere de respuestas integrales que tengan en cuenta los condicionantes que sean inherentes a cada comuna desde un punto de vista socioambiental.

6. RECOMENDACIONES

- Este trabajo podría servir como punto de partida o referencia a los entes de control para la formulación de estrategias que estén enfocadas en la promoción, prevención y control del dengue, de acuerdo con las características y necesidades de cada comuna, teniendo en cuenta los patrones de endemividad y las variables ambientales y sociodemográficas que tienen influencia en esta enfermedad, e incluso para estudios más detallados que puedan medir por ejemplo la eficiencia de *Wolbachia* en un periodo y territorio específico según las liberaciones que se realicen y se registren en una base de datos, e incluso para investigaciones de tipo cualitativo con grupos focales en los barrios que puedan verificar el grado de conocimiento y familiarización con el World Mosquito Program en las comunidades.
- Se sugiere continuar con las liberaciones de los mosquitos, especialmente en las comunas donde la TIA continúa en un nivel alto (principalmente La Candelaria, Laureles-Estadio y Belén), sin dejar de lado las intervenciones comunitarias y otras estrategias.
- La matriz de correlaciones aplicada en este proyecto se podría complementar y utilizar para otras enfermedades de origen vectorial y en otros espacios geográficos donde los indicadores que modifiquen la incidencia de la enfermedad pueden estar relacionados a las dinámicas internas de ese lugar en específico, incluyendo el contexto social, económico, cultural, entre otros.

7. LIMITACIONES

Algunas limitaciones se produjeron en el momento de obtener información generada desde las fuentes como la página del SIATA, en donde no se encontraba la información completa para algunos años de estudio, principalmente para las variables temperatura y humedad durante el 2018 y para precipitación en algunas comunas durante 2020. Para la obtención de los datos faltantes se consideró la idea de imputarlos mediante promedios o incluso con ayuda de software como ArcGIS, sin embargo, no eran valores reales, disminuyendo la exactitud del estudio y podían alterar los resultados.

Otros factores que se esperaban abordar como la distribución poblacional por edad y sexo, la tasa de cobertura de acueducto y la cobertura de saneamiento básico y agua potable y las liberaciones de *Ae. aegypti* portadores de *Wolbachia* por comuna para la ciudad de Medellín durante los años de estudio fueron solicitados a los encargados y a investigadores de la Universidad de Antioquia, pero no se obtuvo respuesta o argumentaban no contar con los datos requeridos, por este motivo se utilizó la información encontrada en World Mosquito Program y otras fuentes relacionadas.

Para algunos indicadores sociodemográficos, desde la Alcaldía de Medellín, no se realizó la medición durante el año 2020 por la contingencia generada por la pandemia de COVID-19 debido a que los investigadores no podían desplazarse a los hogares de las personas por temas de confinamiento y bioseguridad, se obtuvieron datos de forma telefónica, impidiendo la verificación de la información.

Las limitaciones mencionadas anteriormente permiten evidenciar que, aunque se cuenta con fuentes de información muy completas, algunas otras requieren ajustes de disponibilidad, calidad y manejo técnico que permitan acceder de forma ágil a los datos requeridos, sin dar lugar a equivocaciones en su manipulación y uso.

9. CONCLUSIONES

- La incidencia del dengue depende de aspectos tanto poblacionales característicos propiamente de los habitantes de la región en estudio, como contextuales, es decir, aspectos geográficos, ambientales y sociodemográficos que ejercen una variación en los casos de la enfermedad. Además la incidencia está condicionada por la implementación de estrategias de control en función de estas características, por ejemplo las intervenciones de tipo comunitario, controles mecánicos como las ovitrampas y larvitrapas y los de tipo biológico como el World Mosquito Program, con *Wolbachia*, quienes en conjunto podrían haber disminuido la Tasa de Incidencia del dengue en las comunas de Medellín entre el año 2018 y el 2020, teniendo en cuenta que la reducción de dengue con los controles mecánicos y químicos pudo tener un peso en la intervención contra el vector, pero que fue hasta la implementación de *Wolbachia* que se logró una mayor reducción de la Tasa de Incidencia
- En el estudio se obtuvo la TIA para cada comuna de la ciudad en el periodo estudiado, observando una tendencia decreciente cada año pero con un comportamiento hiperendémico presente en cuatro comunas principalmente: Laureles-Estadio, La Candelaria, Belén y Guayabal.
- Los indicadores ambientales tienen una gran relevancia en el comportamiento entomológico de *Ae. aegypti* y el desarrollo de la enfermedad. La Altitud se convierte en el principal condicionante debido a que el vector se adapta mejor en zonas de vida ubicadas a menos m.s.n.m. La precipitación, la temperatura ambiental y la humedad relativa influyen en el desarrollo larvario y por ende en la proliferación del mosquito, lo que puede aumentar el número de casos de la enfermedad.
- Para el caso de Medellín, el aspecto sociodemográfico fue estadísticamente significativo en el estudio con la Tasa de Educación Neta, la Tasa de Homicidios, el Número de Pobres y los Hogares sin Servicios Públicos, considerando que estas variables pueden ser más trabajables, mientras que las ambientales no dependen propiamente de la intervención directa de los entes gubernamentales, exceptuando algunos aspectos como las fuentes fijas, móviles, falta de arborización y manejo de residuos que pueden afectar variables como la Temperatura y la Humedad según algunas actividades antrópicas relacionadas a la dinámica de cada Comuna.

10. AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Antioquia que nos brindó una formación con actitud crítica y convicción de servir a la comunidad. A los docentes del pregrado de Administración en Salud con Énfasis en Gestión Sanitaria y Ambiental ya que sus palabras fueron sabias, sus conocimientos rigurosos y precisos, su semilla de conocimientos, germinó en nuestro espíritu salubrista. Gracias por su paciencia, por compartir sus conocimientos de manera profesional e invaluable, por su dedicación, perseverancia y tolerancia. Esperamos llevar siempre el nombre de la Facultad Nacional de Salud Pública en alto en nuestra vida como profesionales.

Agradecemos a la profesora María Patricia Arbeláez por su disposición para ayudar a nuestra investigación con su amplia trayectoria frente al tema del dengue. A la Alcaldía de Medellín por ser tan ágiles y colaborativos con los indicadores y la información solicitada desde la parte sociodemográfica. También agradecemos al PECET por su ayuda contextual y al SIATA por su gran labor con sus estaciones de monitoreo de los indicadores ambientales.

Yo, Giovanni Rey Ardmirola, agradezco en esta etapa definitiva de pregrado a mi mamá Maritza Ardmirola Ayarza, a mi hermana Vanessa Rey Ardmirola y a mi abuela Blanca Betty Ayarza Díaz, quienes han sido el motor de mi vida. Para ustedes todo mi amor, mis triunfos siempre serán de ustedes, porque ustedes son quienes me han forjado como ser humano. Gracias por todo su apoyo, su paciencia y por creer en mi en todo momento.

Yo, Julieth Patricia García Morales, quiero agradecer en este trabajo a mis padres, quienes impulsaron el inicio de esta nueva etapa e inculcaron siempre el amor por el aprendizaje y el estudio como herencia invaluable de los padres a los hijos, también a mi tía Eliana Yaneth Morales y mi abuela María Encarnación Álvarez por su ejemplo y apoyo incondicional para el cumplimiento de mis metas.

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. World Mosquito Program [Internet] Australia: ABN 12 377 614 012; c2011 [Consultado 2022 10 01] Disponible en: <http://www.eliminatedengue.com/colombia/Mosquito-aedes-aegypti>.
2. Garcia Benadí A, Del Río Fernández J, Universitat Politècnica de Catalunya. ¿Sabías que... La altitud se define como la distancia vertical de un punto de la tierra respecto al nivel del mar ?. Revista Española de Metrología [Internet] 2013; [Consultado 2022 10 01] Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/19962/sabiasquealtitud.pdf>.
3. Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia, Instituto Nacional de Salud. Protocolo de Vigilancia en Salud Pública dengue [Internet] [Consultado 2022 10 01] Disponible en: <https://www.ins.gov.co/Noticias/dengue/7.%20dengue%20PROTOCOLO.pdf>
4. Alcaldía de Medellín. Cifras de educación, Medellín [Internet] [Consultado 2022 10 01] Disponible en: <https://sem.medellin.edu.co/doc/educacion-entados/11-cifras-educacion/file>
5. Medellín como vamos [Internet] Medellín: PixelClub; 2010 [Consultado 2022 10 01] Disponible en: <https://www.medellincomovamos.org/medellin>.
6. Wakefield J. Ecologic studies revisited. Annu Rev Public Health. 2008;29:75-90. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.publhealth.29.020907.090821>
7. Alcaldía de Medellín. Informe de calidad de vida de Medellín, 2018. Vivienda y servicios públicos [Internet] [Consultado 2022 10 01];42(6):533–8. Disponible en: <https://www.medellincomovamos.org/system/files/2020-04/docuprivados/Informe%20de%20indicadores%20objetivos%20sobre%20c%C3%B3mo%20vamos%20en%20vivienda%20y%20servicios%20p%C3%BAblicos%2C%202018.pdf>
8. IDEAM. Formato Común de Hoja Metodológica de Indicadores Ambientales Humedad Relativa [Internet] [Consultado 2022 10 01] Disponible en: http://www.ideam.gov.co/documents/24155/123679/15-89_HM_Humedad_relativa_3_FI.pdf/a33bb3a6-b29f-4533-9a22-1bdf3bd8af50#:~:text=La%20humedad%20relativa%20es%20el,su%20temperatura%20y%20su%20presi%C3%B3n.
9. Alergia y metodología de la investigación. Rev Alerg Mex [Internet]. 2017;64(1):109–20. Available from: <https://www.scielo.org.mx/pdf/ram/v64n1/2448-9190-ram-64-01-00109.pdf>.

10. Fajardo-Gutiérrez A. Alergia y metodología de la investigación. Rev Alerg Mex [Internet]. 2017;64(1):109–20. Available from: <https://www.scielo.org.mx/pdf/ram/v64n1/2448-9190-ram-64-01-00109.pdf>.
11. Departamento Nacional de Planeación. Guía para la construcción y análisis de indicadores [Internet] [Consultado 2022 10 01] Disponible en: https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Sinergia/Documentos/Guia_para_elaborar_Indicadores.pdf.
12. Therburg A, D'Inca V, López M. Modelo de indicadores ambientales. Observatorio ambiental [Internet]. Edu.ar. [citado el 24 de octubre de 2022]. Disponible en: https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/3152/therburgdincalopezproyeccion3.pdf.
13. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Banco de indicadores para el proceso de licenciamiento ambiental. [citado el 30 de enero de 2023]. Disponible en: <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/04/Listado-de-Indicadores-para-la-evaluacion-y-seguimiento-de-impactos-ambientales.pdf>
14. Instituto Nacional de estadística, geografía e informática. Indicadores sociodemográficos de México. 1ª ed. [Internet] México: 2001 [Consultado 2022 10 01]. Disponible en: https://books.google.com.co/books?id=FNjdDAAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=Indicadores+sociodemogr%C3%A1ficos+de+M%C3%A9xico+.&hl=es-419&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=Indicadores%20sociodemogr%C3%A1ficos%20de%20M%C3%A9xico%20.&f=false.
15. Tapia Sisalima J. Estructura de la precipitación y su variabilidad espacio-temporal a lo largo de una gradiente altitudinal [Internet] Ecuador: Universidad de Cuenca; 2016 [Consultado 2022 10 01] Disponible en: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/24348/1/tesis.pdf>.
16. López MT, Gentile N. Sistema de indicadores económicos y sociales: la importancia del análisis integrado. Comunicación presentada en IX Encuentro Nacional de la Red de Economías Regionales en el Marco del Plan Fénix y II Jornadas Nacionales de Investigadores de las Economías Regionales, Tandil [ARG], 18-19 2008 [Consultado 2022 10 01] Disponible en: <https://eco.mdp.edu.ar/cendocu/repositorio/00408.pdf>
17. St. Bernard, G. (2004) Social vulnerability measurement in the Caribbean Sub-region: A pilot test. ECLAC/CDCC Seminar on the Results of the Social Vulnerability Index, 24-25 de junio de 2004, Puerto España, Trinidad y Tabago.
18. Así vamos en salud [Internet] Bogotá: Asivamosensalud; 2020 [Consultado 2022 10 01] Disponible en: <https://www.asivamosensalud.org/indicadores/salud-mental/tasa-de->

27. Ospina Ospina MC. Vigilancia epidemiológica del dengue en Antioquia. Iatreia [Internet]. 14 de marzo de 2004 [citado 8 de febrero de 2022];17(3-S): pág. 283-284. Disponible en: <https://revistas.udea.edu.co/index.php/iatreia/article/view/4084>.
28. Secretaría Seccional de Salud y Gobernación de Antioquia. Usted es importante en la prevención del dengue [Internet] [Consultado 2022 Feb 22] Disponible en <https://www.dssa.gov.co/index.php/historico-noticias/item/249-usted-es-importante-en-la-prevencion-del-dengue#:~:text=%2D%20En%20Antioquia%20ya%20se%20cuentan,igual%20per%C3%ADodo%20del%20a%C3%B1o%20anterior>.
29. Secretaría Seccional de Salud y Gobernación de Antioquia. Boletín prevención del dengue jornada 20 y 21 de febrero [Internet] [Consultado 2022 Feb 22] Disponible en <https://www.dssa.gov.co/index.php/historico-noticias/item/1179-boletin-prevencion-del-dengue-jornada-20-y-21-de-febrero>.
30. Suárez C, Almanza R, Rúa GL. Análisis retrospectivo de la incidencia de dengue en Medellín, Antioquia-Colombia, periodo 2001- 2007. Rev. Salud Pública de Medellín 2008; 3(2): 37-47.
31. Ministerio de Salud y de la Protección Social. Prevención de enfermedades transmisibles. dengue. Fecha de consulta: 23 de agosto de 2015. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/Documentos%20y%20Publicaciones/dengue%20-%20Municipios%20priorizados.jpg>.
32. Secretaría de Salud de Medellín. Sistema de Información para la Vigilancia en Salud Pública. Medellín: Secretaría de Salud de Medellín; 2015.
33. Alcaldía de Medellín, Secretaría de Salud, Sistema de información, 2011.
34. Rúa-Uribe G, Suárez-Acosta C, Londoño V, Sánchez J, Rojo R, Bello-Novoa B. Primera evidencia de *Aedes albopictus* (Skuse) (Diptera: Culicidae) en la ciudad de Medellín, Antioquia-Colombia. Rev. Salud Pública Alcaldía de Medellín 2011; 5: 89-98.
35. Ortiz C, Rúa-Uribe GL, Suárez C, Mafla MA, Almanza R, dos Santos SL. Distribución espacial de casos e incidencia de dengue: análisis de la situación para Medellín Colombia. Revista Facultad Nacional de Salud Pública. 2013; 31:329-37.
36. Martínez Torres E. dengue. Esta Avanzados. 2008 Dec; 22(64):33–52. Disponible en: <<https://doi.org/10.1590/S0103-40142008000300004>>. Epub 16 Nov 2009. ISSN 1806-9592. <https://doi.org/10.1590/S0103-40142008000300004>.

37. OPS, OMS, Minsalud, INS. Guía clínica integral del paciente con dengue [Internet]. Organización panamericana de la Salud 2017 p. 1–22. Available from:
https://www.paho.org/col/dmdocuments/GUIA_CLINICA_DENGUE2010.PDF
38. Guzmán MG, Álvarez M, Rodríguez R, Rosario D, Vázquez S, Valdés L, et al., Fatal dengue hemorrhagic fever in Cuba, 1997. *Int J Infect Dis.* 1999;3(3):130–5.
39. Johnson KN. The Impact of *Wolbachia* on Virus Infection in Mosquitoes. *Viruses.* 2015 Nov 4;7(11):5705-17. doi: 10.3390/v7112903. PMID: 26556361; PMCID: PMC4664976.
40. Arunachalam N, Tana S, Espino F, Kittayapong P, Abeyewickreme W, Wai KT, et al., Eco-bio-social determinants of dengue vector breeding: a multicountry study in urban and periurban Asia. *Bull World Heal Organ.* 2010;88:173–84.
41. Ferguson NM, Donnelly CA, Anderson RM. Transmission dynamics and epidemiology of dengue: insights from age-stratified sero-prevalence surveys. *Philos Trans R Soc B Biol Sci.* 1999;354(1384):757–768.
42. Echavarría A, Quintero OL. Estudio de los factores climáticos y geográficos que influyen en la presencia de casos de Dengue y criaderos de *Aedes aegypti* en el municipio de Bello. 2012 [cited 2022 Mar 29]; Available from:
<https://repository.eafit.edu.co/handle/10784/4614#.YkNHbU15JuU>
43. Restrepo HE. Conceptos y definiciones. En: Restrepo H, Málaga H, editores. Promoción de la salud: cómo construir vida saludable. Bogotá, D.C: Editorial Médica Interamericana; 2001. p. 24-33.
44. McKinlay JB. Promoción de la salud por medio de políticas saludables: contribución de los métodos complementarios de investigación. En: Promoción de la Salud: una antología. Publicación científica No. 557. Washington D.C.: Organización Panamericana de la Salud; 1996. p. 60-75. T
45. DR/UNICEF-PNUD/BANCO MUNDIAL/OMS. dengue: guías para el diagnóstico, tratamiento, prevención y control. La Paz, Bolivia: Organización Panamericana de la Salud; 2010.
46. Colombia, país maravilloso. El clima colombiano. Fecha de consulta: 8 de marzo de 2011. Disponible en:
<http://pwp.supercabletv.net.co/garcru/colombia/clima.html>.
47. Nelson MJ. *Aedes aegypti*: biology and ecology. Washington, D.C.: Pan American Health Organization; 1986.
48. Suárez MF, Nelson MJ. Registro de altitud del *Aedes aegypti*. *Biomédica.* 1981; 1:225.

49. Jaramillo C, Montoya González S. Estado del Arte de la Red Ecológica de Medellín, en el contexto Metropolitano. Medellín; 2018. Available from: <http://oppcm.concejodemedellin.gov.co/sites/oppcm/files/2019-08/red-edologica-2018.pdf>
50. Márquez Benítez Y, Monroy Cortés KJ, Martínez Montenegro EG, Peña García VH, Monroy Díaz ÁL, Márquez Benítez Y, et al., Influencia de la temperatura ambiental en el mosquito *Aedes* spp y la transmisión del Virus del Dengue. *Ces Med.* 2019 Apr [cited 2022 Mar 28]; 33(1):42–50. Available from: <http://revistas.ces.edu.co/index.php/medicina/article/view/4697>
51. Patz, JA, Martens WJM, Focks DA, Jetten TH. dengue fever epidemic potencial as project by general circulating models of global climate change. *Environ Health Perspect.* 1998; 106:147-53.
52. Patz JA. Cambio climático. En: Frumkin H, editor. *Salud ambiental: de lo global a lo local.* México, D.F.: McGraw Hill; 2010. p. 257-90. El cambio climático y las enfermedades transmitidas por vectores: un análisis regional. *Bull WHO.* 2001;4. Fecha de consulta: 14 de mayo de 2011. Disponible en: <http://www.who.int/docstore/bulletin/digests/spanish/number4/No.4.html>.
53. Hopp MJ, Foley JA. Worldwide fluctuations in dengue fever cases related to climate change. *Climate Res.* 2003; 25:8594.
54. Ooi EE, Gubler DJ. Global spread of epidemic dengue: the influence of environmental change. *Future Virol.* 2009; 4:57180.
55. Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Instituto Nacional de Salud, Ministerio de la Protección Social. *Distribución del mosquito *Aedes aegypti*, vector del Virus del Dengue en Colombia [mapa].* Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi; 2008.
56. Galea S, Vlahov D. Urbanización. En: Frumkin H, editor. *Salud ambiental. De lo global a lo local.* México, D.F.: McGrawHill; 2010. p. 422-50.
57. Knudsen AB, Sloof R. Vector-borne disease problems in rapid urbanization: original approaches to vector control. *Bull WHO.* 1992; 70:1-6.
58. Departamento Administrativo Nacional de Estadística. *Censo general de Colombia, 2005.* Bogotá: Departamento Administrativo Nacional de Estadística; 2009
59. Viviescas F. *Urbanización y ciudad en Colombia. Una cultura para construir en Colombia.* Bogotá: Foro Nacional por Colombia; 1989. p. 283.
60. Castillo M, Torres C. *Caracterización de la ciudad, el hábitat y la vivienda. Informe, Colombia en los años 90.* Bogotá; 2005. Fecha de consulta: 28 de marzo de 2022. Disponible en: <http://www.bogotalab.com/home.html>

61. Sánchez-Steiner LM. Migración forzada y urbanización en Colombia. Perspectivas históricas y aproximaciones teóricas, Bogotá, 31 de octubre de 2007. Fecha de consulta: 20 de agosto de 2011. Disponible en: http://www.uni-weimar.de/architektur/raum/doktoraanden/sanchez_Migracion_Forzada_Urbanizacion_en_Colombia.pdf.
62. Kendall C, Hudelson P, Leontsini E, Winch P, Lloyd L, Cruz F. Urbanization, dengue, and the health transition: Anthropological contributions to international health. *Med Anthropol Q.* 1991; 5:257-68.
63. Malagón J. Lecciones aprendidas de la epidemia de dengue en 2010. Acta de la Reunión Nacional de Programas Departamentales de Prevención y Control de las Enfermedades Transmitidas por Vectores. Bogotá, 30 de noviembre a 2 de diciembre de 2010: Bogotá: Ministerio de la Protección Social; 2010
64. Alcaldía de Medellín. Medellín y su población. Doc Técnico Soporte Pot [Acuerdo 46/2006] [Internet]. 2019;83–90. Available from: [http://www.medellin.gov.co/irj/go/km/docs/wpccontent/Sites/Subportal del Ciudadano/Plan de Desarrollo/Secciones/Informaci?n General/Documentos/POT/medellinPoblacion.pdf](http://www.medellin.gov.co/irj/go/km/docs/wpccontent/Sites/Subportal%20del%20Ciudadano/Plan%20de%20Desarrollo/Secciones/Informaci%20n%20General/Documentos/POT/medellinPoblacion.pdf)
65. Prieto Juan C. Servicios Públicos, Pobreza, Zika, Chikungunya y dengue en Colombia: Facultad de Economía Universidad de los Andes; 2016 [Consultado 2022 Abril 09] Disponible en: <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/15156/u754364.pdf?sequence=1>
66. Instituto Nacional de Salud. Una mirada al ASIS y análisis en profundidad Informe Técnico ONS / 2016-I / Séptima Edición [Consultado 2022 Mar 30] Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/IA/INS/informe-ons-7.pdf>
67. Organización mundial de la salud. Dengue y dengue grave [Internet] [Consultado 2022 Mar 30] Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/dengue-and-severe-dengue>
68. Gobernación de Antioquia. Análisis de situación de salud Antioquia 2020. [Internet] [Consultado 2022 Mar 30] Disponible en: https://www.dssa.gov.co/images/asis/ASIS_ANTIOQUIA_2020_VERSION_II.pdf
69. Alcaldía de Medellín. Análisis de Situación de Salud con el Modelo de los Determinantes Sociales de Salud. [Consultado 2022 Mar 30] Disponible en: file:///C:/Users/CF3034/AppData/Local/Temp/Temp1_asis-antioquia-2020.zip/asis-antioquia-2020/Municipios/ASIS_Medellin_2020.pdf

70. Hoffmann AA, Montgomery BL, Popovici J, Iturbe-Ormaetxe I, Johnson PH, Muzzi F, et al., Successful establishment of *Wolbachia* in *Aedes* populations to suppress dengue transmission. *Nature*. 2011;476(7361):454–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1038/nature10356>.
71. Merien F, Sinkins S, Bueno-Marí R, Murray J V, Jansen CC, De Barro P. Risk associated with the release of *Wolbachia*-infected *Aedes aegypti* Mosquitoes into the environment in an effort to control dengue. 2016; 4:43. Available from: www.frontiersin.org.
72. Aliota MT, Peinado SA, Velez ID, Osorio JE (2016) The wMel strain of *Wolbachia* reduces transmission of Zika virus by *Aedes aegypti*. *Sci Rep* 6:28792.
73. Dutra HL, Rocha MN, Dias FB, Mansur SB, Caragata EP, Moreira LA (2016) *Wolbachia* blocks currently circulating Zika virus isolates in Brazilian *Aedes aegypti* mosquitoes. *Cell Host Microbe* 19:771–774.
74. Frentiu FD, Zakir T, Walker T, Popovici J, Pyke AT, Van Den Hurk A, McGraw EA, O'Neill SL (2014) Limited dengue virus replication in field-collected *Aedes aegypti* mosquitoes infected with *Wolbachia*. *PLoS Negl Trop Dis* 8: e2688.
75. Moreira LA, Iturbe-Ormaetxe I, Jeffery JA, Lu G, Pyke AT, Hedges LM, Rocha BC, Hall-Mendelin S, Day A, Riegler M, Hugo LE, Johnson KN, Kay BH, McGraw EA, Van Den Hurk AF, Ryan PA, O'Neill SL (2009) A *Wolbachia* symbiont in *Aedes aegypti* limits infection with dengue, chikungunya, and plasmodium. *Cell* 139:1268–1278.
76. Walker T, Johnson PH, Moreira LA, Iturbe-Ormaetxe I, Frentiu FD, Mcmeniman CJ, Leong YS, Dong Y, Axford J, Kriesner P, Lloyd AL, Ritchie SA, O'Neill SL, Hoffmann AA (2011) The wMel *Wolbachia* strain blocks dengue and invades caged *Aedes aegypti* populations. *Nature* 476:450–453.
77. Aliota MT, Walker EC, Uribe Yepes A, Dario Christensen BM, Osorio JE (2016) The wMel strain of *Wolbachia* reduces transmission of chikungunya virus in *Aedes aegypti*. *PLoS Negl Trop Dis* e0004677:10.
78. Neill SLO. The Use of *Wolbachia* by the World Mosquito Program to Interrupt Transmission of *Aedes aegypti* Transmitted Viruses. 2018;1062 (Hilgenfeld R., Vasudevan S. (eds) *dengue and Zika: Control and Antiviral Treatment Strategies*. *Advances in Experimental Medicine and Biology*):355–60.
79. Ferguson NM, Kien DT, Clapham H, Aguas R, Trung VT, Chau TN, Popovici J, Ryan PA, O'Neill SL, McGraw EA, Long VT, Dui Le T, Nguyen HL, Chau NV, Wills B, Simmons CP (2015) Modeling the impact on virus transmission of *Wolbachia*-mediated blocking of dengue virus infection of *Aedes aegypti*. *Sci Transl Med* 7:279ra37.

80. Hilgenboecker K, Hammerstein P, Schlattmann P, Telschow A, Werren JH. How many species are infected with *Wolbachia*? - A statistical analysis of current data. 2008; Available from: www.blackwell-synergy.com.
81. Werren JH, Baldo L, Clark ME. *Wolbachia*: Master manipulators of invertebrate biology. *Nat Rev. Microbiol.* 2008;6(10):741–51.
82. Van Borm S, Wenseleers T, Billen J, Boomsma JJ. *Wolbachia* in leafcutter ants: a widespread symbiont that may induce male killing or incompatible matings. *J Evol Biol.* 2001; 14:805-14.
83. Rodriguero MS. *Wolbachia*, una pandemia con posibilidades. *Rev Soc Entomol Argent.* 2013; 72: 117-37.
84. Ye YH, Woolfit M, Rance`s E, O'Neill SL, McGraw E.A. *Wolbachia*-Associated Bacterial Protection in the Mosquito *Aedes aegypti*. *PLoS Negl Trop Dis.* 2013; 7: e2362.
85. Hoffmann AA, Turelli M. Facilitating *Wolbachia* introductions into mosquito populations through insecticide-resistance selection. *Proc R Soc B.* 2013; 280:1-8.
86. Meksianis ZN, Hickson RI, Allingham D, Mercer GN. Modelling the transmission dynamics of dengue in the presence of *Wolbachia*. *Math Biosci.* 2015; 157-166.
87. Sawyers-Kenton Re, Sawyers-Kenton Ro, Pinto-Tomas A. Papel de la bacteria endosimbionte *Wolbachia* en el control de enfermedades vectoriales: dengue, Zika y Chikunkunya. *Acta méd. costarric* [Internet]. 2017 Dec [cited 2022 Apr 09]; 59(4): 130-133. Available from: http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0001-60022017000400130&lng=en.
88. Segoli M, Hoffmann AA, Lloyd J, Omodei GJ, Ritchie SA. The Effect of Virus-Blocking *Wolbachia* on Male Competitiveness of the dengue Vector Mosquito, *Aedes aegypti*. *PLoS Negl Trop Dis.* 2014; 8: e3294.
89. El país [Internet] Valle: Manual Sagrilaft; 2014 [Consultado 2022 Abril 09] Disponible en URL: <https://www.elpais.com.co/valle/el-metodo-wolbachia-con-el-que-proponen-atacar-al-dengue.html>
90. Vélez ID, Santacruz E, Kutcher SC et al., The impact of city-wide deployment of *Wolbachia*-carrying mosquitoes on arboviral disease incidence in Medellín and Bello, Colombia: study protocol for an interrupted time-series analysis and a test-negative design study [version 1; peer review: awaiting peer review] *F1000 Research* 2019, 8:1327 (<https://doi.org/10.12688/f1000research.19858.1>).

91. Organización Panamericana de la Salud, Organización Mundial de la Salud. Evaluación de las estrategias innovadoras para el control de *Aedes aegypti*: desafíos para su introducción y evaluación del impacto [Internet] [Consultado 2022 10 24] Disponible en: <https://iris.paho.org/handle/10665.2/51376>
92. Alcaldía de Medellín [Internet] Medellín: Mercurio; c1996 [Consultado 2022 Mar 30] Disponible en: <https://www.medellin.gov.co/irj/portal/medellin?NavigationTarget=contenido/12056-Este-ano-1000-estudiantes-ayudaran-a-prevenir-el-dengue-en-las-instituciones-educativas-de-Medellin#:~:text=Las%20principales%20acciones%20de%20prevencion,eliminar%20lantas%20y%20basura%20acumulada>
93. Rúa-Uribe Guillermo L., Giraldo-Jaramillo Tatiana M., Triana-Chávez Omar, Rojo Raúl, Henao Enrique, Pérez-Pérez Juliana. Transmisión vertical de virus dengue en *Aedes* spp. (Diptera: Culicidae) en Medellín, Colombia. *Rev. Colomb. Entomol.* [Internet]. 2020 June [cited 2022 Mar 29]; 46(1): e6973. Available from: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-04882020000100008&lng=en. Epub June 27, 2020. <https://doi.org/10.25100/socolen.v46i1.e6973>
94. Alarcón Érika Patricia, Segura Ángela María, Rúa-Uribe Guillermo, Parra-Henao Gabriel. Evaluación de ovitrampas para vigilancia y control de *Aedes aegypti* en dos centros urbanos del Urabá antioqueño. *Biomédica* [Internet]. 2014 Sep [cited 2022 Oct 24] ; 34(3): 409-424. Available from: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-41572014000300011&lng=en.
95. Organización Panamericana de la Salud. Evaluación de las estrategias innovadoras para el control de *Aedes aegypti*: desafíos para su introducción y evaluación del impacto. 2019 [cited 2022 Oct 25]; Available from: <https://iris.paho.org/handle/10665.2/51376>
96. Alan Neill D, Cortez Suárez L. Procesos y fundamentos de la investigación científica. Vol. 53, *Journal of Chemical Information and Modeling*. 2018. 1689–1699 p.
97. Borja-Aburto VH. Estudios ecológicos. *Salud Publica Mex.* 2000;42(6):533–538.
98. Morgenstern H. Ecologic studies in epidemiology: Concepts, principles, and methods. *Annu Rev Public Health.* 1995;16:61-81.
99. Blanco-Becerra, Luis C., Idrovo, Álvaro J., Pinzón-Flóres, Carlos E., Estudios ecológicos en salud ambiental: más allá de la epidemiología. *Biomédica*

- [Internet]. 2015;35(2):191-206. Recuperado de:
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84340725019>
100. Ministerio de Salud de Colombia. El Sistema Nacional de Vigilancia en Salud Pública SIVIGILA. [Internet] [Consultado 2022 Mar 30] Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/salud/Paginas/SIVIGILA.aspx#:~:text=El%20Sistema%20de%20Salud%20P%C3%ABlica,pr%C3%A1ctica%20de%20la%20salud%20p%C3%ABlica>.
 101. Rengifo SC, Patricia C, Tamayo AV. Guía para el uso y aprovechamiento de Datos Abiertos en Colombia. 2019.
 102. Lineamientos para la Anonimización de Microdatos [Internet]. 2014. Disponible en: <http://www.dane.gov.co/files/sen/lineamientos/DSO-020LIN-08.pdf>
 103. Instituto Nacional de Salud. Una mirada al ASIS y análisis en profundidad Informe Técnico ONS / 2016-I / Séptima Edición [Internet] [Consultado 2022 Mar 30] Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/IA/INS/informe-ons-7.pdf>
 104. Díaz RA, Villar FA, Ángel L. Evaluación de la definición clínica de dengue sugerida por la Organización Mundial de la Salud. *Biomédica* [Internet]. 2005 [cited 2022 Mar 28];25(3):412–6. Available from: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-41572005000300016&lng=en&nrm=iso&tlng=es.
 105. Vásquez Rodríguez, A Factores geográficos, ecológicos y sociodemográficos en la ocurrencia de dengue en Cundinamarca. [Internet]. 2019 [citado: 2022, octubre] Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá Facultad de Medicina Departamento de Salud Pública.
 106. Ruiz-López F, González-Mazo A, Vélez-Mira A, Gómez GF, Zuleta L, Uribe S, Vélez-Bernal ID. Presencia de *Aedes (Stegomyia) aegypti* (Linnaeus, 1762) y su infección natural con el Virus del Dengue en alturas no registradas para Colombia. *Biomedica* [Internet]. 1 de junio de 2016 [citado 13 de octubre de 2022];36(2):303-8. Disponible en: <https://revistabiomedica.org/index.php/biomedica/article/view/3301>
 107. L.D. Valdez, G.J. Sibona, C.A. Condat, Impact of rainfall on *Aedes aegypti* populations, *Ecological Modelling*, Volume 385, 2018, Pages 96-105, ISSN 0304-3800, <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2018.07.003>.
 108. Lega J, Brown HE, Barrera R. *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) Abundance model improved with relative humidity and precipitation-driven egg hatching. *J Med Entomol*. 2017;54(5):1375–84.

109. Márquez Benítez Y, Monroy Cortés KJ, Martínez Montenegro EG, Peña García VH, Monroy Díaz ÁL. Influencia de la temperatura ambiental en el mosquito *Aedes* spp y la transmisión del Virus del Dengue. *CES Med [Internet]*. 2019 [citado el 14 de octubre de 2022];33(1):42–50. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-87052019000100042
110. Zamora-Ramírez MG, Espínola Latournerie-Cerino ME, Sánchez-López AR, et al., El impacto del cambio climático en la prevalencia del dengue en México. *Sal Jal*. 2020;7(3):156-163. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=98530>
111. Tun-Lin W., Burkot T., Kay B. Efectos de la temperatura y la dieta de las larvas en las tasas de desarrollo y supervivencia del vector del dengue *Aedes aegypti* en el norte de Queensland, Australia. *Medicina. Veterinario. Entomol.* 2000; 14 :31–37. doi: 10.1046/j.1365-2915.2000.00207.x.
112. Real - Cotto JJ. Factores relacionados con la dinámica del dengue en Guayaquil, basado en tendencias históricas. *An Fac Med (Lima Peru : 1990)*. 2017 [citado el 14 de octubre de 2022];78(1):23. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-55832017000100004
113. Cassab A, Morales V, Mattar S. Factores climáticos y casos de dengue en Montería, Colombia: 2003-2008. *Revista de Salud Pública*. 2011 Feb 1 [cited 2022 Oct 14];13(1):115–28. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-00642011000100010
114. Redacción de cruce. Las mujeres están más expuestas al dengue [Internet] [consultado 2022 Oct 14] Disponible en: <https://cruce.iteso.mx/las-mujeres-estan-mas-expuestas-al-dengue/>
115. Hoyos Rivera A, Pérez Rodríguez A, Hernández Meléndrez E. Factores de riesgos asociados a la infección por dengue en San Mateo, Anzoátegui, Venezuela. *Revista Cubana de Medicina General Integral*. 2011 Sep 1;27(3):388–95. Available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21252011000300009
116. Instituto Nacional de Salud, Ministerio de Salud. Informe de evento dengue, Colombia, 2018 [Internet] [consultado 2022 Oct 14] Disponible en: https://www.ins.gov.co/buscador-eventos/Informesdeevento/DENGUE_2018.pdf
117. Teglia OF. DENGUE ¿expresión de inequidad social...? [Internet]. Bogotá; 2019 [citado el 10 de primavera de 2022]. Disponible en: <https://revistamedicaderosario.org/index.php/rm/article/view/55/85>

118. Lai Y J, Lai H H, Chen Y Y y col. *Low socio-economic status associated with increased risk of dengue haemorrhagic fever in Taiwanese patients with dengue fever: a population-based cohort study*. *Trans R Soc Trop Med Hyg*. 2020 Feb 7;114: 115-120, 2020.
119. Acapulco. El reto de prevenir el dengue en un contexto de violencia urbana [Internet]. Médicos Sin Fronteras. 2014 [citado el 14 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://www.msf.es/actualidad/acapulco-reto-prevenir-dengue-contexto-violencia-urbana>
120. World Mosquito Program. *Wolbachia* para controlar el dengue - Un estudio aleatorizado controlado [Internet]. Worldmosquitoprogram.org. [citado el 14 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://www.worldmosquitoprogram.org/sites/default/files/2020-09/RCT-WMP%20Indo-factsheet-spanish.pdf>
121. Kesetyaningsih TW, Andrii S, Sudarto, Pramoedyo H. DETERMINATION OF ENVIRONMENTAL FACTORS AFFECTING DENGUE INCIDENCE IN SLEMAN DISTRICT, YOGYAKARTA, INDONESIA. *Afr J Infect Dis*. 2018 Mar 7;12(1 Suppl):13-25. Doi: 10.2101/Ajid.12v1S.3. PMID: 29619427; PMCID: PMC5876768.
122. Faruk, MO, Jannat, SN y Rahman, MS Impacto de los factores ambientales en la propagación del dengue en Sri Lanka. En t. *J. Medio Ambiente. ciencia Tecnología* 19 , 10637–10648 (2022). <https://doi.org/10.1007/s13762-021-03905-y>
123. Zellweger RM, Cano J, Mangeas M, Taglioni F, Mercier A, Despinoy M, et al., (2017) Socioeconomic and environmental determinants of dengue transmission in an urban setting: An ecological study in Noumea, New Caledonia. *PLoS Negl Trop Dis* 11(4): e0005471. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0005471>
124. Alvarado-Prado R, Nieto E. Factores socioeconómicos y ambientales asociados a la incidencia de dengue: estudio ecológico en Costa Rica, 2016. *Rev Costarricense de Salud Pública* [Internet]. 2019;28:227–38. Disponible en: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rcsp/v28n2/1409-1429-rcsp-28-02-227.pdf>

12. ANEXOS

Anexo 1. Altitud Promedio en las comunas de Medellín, 2018 a 2020

NomCom	CodCom	AltiPR
La Candelaria	10	1452
Laureles-Estadio	11	1493
Aranjuez	4	1497
Guayabal	15	1501
Castilla	5	1510
Belén	16	1525
La América	12	1534
San Javier	13	1565
Robledo	7	1587
Villa Hermosa	8	1617
Poblado	14	1649
Doce de octubre	6	1691
Manrique	3	1700
Buenos Aires	9	1724
Santa Cruz	2	1803
Popular	1	1833

Anexo 2. Precipitación promedio en las comunas de Medellín, 2018 a 2020.

NomCom	CodCom	PrecPR2018	PrecPR2019	PrecPR2020	PRPrec
Guayabal	15	1374,405	2056,16	ND	1715,283
Belén	16	2419,115	2026,02	1382,285	1942,473
La Candelaria	10	2211,715	2157,957	ND	2184,836
Santa Cruz	2	3540,446	937,882	ND	2239,164
Robledo	7	2246,969	2118,534	2937,3	2434,268
Aranjuez	4	2211,715	2856,553	ND	2534,134
Laureles-Estadio	11	2527,013	2009,29	3308,769	2615,024
Poblado	14	3438,372	2415,971	3130,787	2995,043
Buenos Aires	9	3034,139	2796,423	3501,189	3110,584
Doce de octubre	6	3364,869	3093,772	2897,862	3118,834
Popular	1	3313,742	3122,179	3092,717	3176,213
Castilla	5	3615,603	2983,315	3025,15	3208,023
Manrique	3	3581,78	2983,315	3188,014	3251,036
Villa Hermosa	8	2738,594	3939,994	3191,414	3290,001
San Javier	13	3653,064	3191,184	3234,425	3359,558
La América	12	3835,185	2895,566	3424,901	3385,217

Anexo 3. Temperatura ambiental min promedio en las comunas de Medellín, 2018 a 2020.

NomCom	CodCom	TemVMin2018	TemVMin2019	TemVMin2020	VMinTem
Villa Hermosa	8	ND	13,5	13,6	13,550
Doce de octubre	6	ND	14,48	13,81	14,145
Buenos Aires	9	ND	14,8	14,4	14,600
Castilla	5	ND	ND	15,4	15,400
Popular	1	ND	15,516	15,436	15,476
Belén	16	14,838	16,453	16,543	15,945
Guayabal	15	13,629	20,748	19,646	18,008
Poblado	14	16,888	18,79	18,79	18,156
Robledo	7	13,555	20,54	20,656	18,250
Santa Cruz	2	ND	18,649	ND	18,649
Aranjuez	4	14,227	21,072	21,677	18,992
Laureles-Estadio	11	16,097	20,885	20,885	19,289
La Candelaria	10	ND	21,081	ND	21,081
Manrique	3	ND	ND	ND	ND
La América	12	ND	ND	ND	ND
San Javier	13	ND	ND	ND	ND

Anexo 4. Humedad relativa promedio en las comunas de Medellín, 2018 a 2020

NomCom	CodCom	HumPR2018	HumPR2019	HumPR2020	PRHum
Poblado	14	39,95	62,160	61,189	54,433
Laureles-Estadio	11	60,644	59,113	61,085	60,281
La Candelaria	10	60,448	59,743	61,221	60,471
Aranjuez	4	60,448	61,031	65,935	62,471
Robledo	7	62,001	62,946	64,537	63,161
Santa Cruz	2	ND	75,119	64,475	69,797
Guayabal	15	70,457	74,567	66,466	70,497
Belén	16	67,829	82,724	69,353	73,302
Villa Hermosa	8	ND	76,222	71,753	73,988
Castilla	5	ND	ND	74,307	74,307
Buenos Aires	9	ND	72,759	79,069	75,914
Popular	1	ND	79,185	73,283	76,234
Doce de octubre	6	ND	81,657	75,928	78,793
Manrique	3	ND	ND	ND	ND
La América	12	ND	ND	ND	ND
San Javier	13	ND	ND	ND	ND

Anexo 5. Casos sexo masculino en las comunas de Medellín, 2018 a 2020.

NomCom	CodCom	CSexoM2018	CSexoM2019	CSexoM2020	PRSexoM
Guayabal	15	32	23	10	21,7
La América	12	35	24	18	25,7
Santa Cruz	2	41	25	18	28,0
Popular	1	49	28	14	30,3
Buenos Aires	9	45	30	18	31,0
Laureles-Estadio	11	45	18	32	31,7
Castilla	5	54	29	14	32,3
Doce de octubre	6	59	24	14	32,3
Aranjuez	4	64	25	20	36,3
Poblado	14	42	48	22	37,3
La Candelaria	10	44	34	35	37,7
San Javier	13	54	40	29	41,0
Manrique	3	64	52	31	49,0
Villa Hermosa	8	63	54	32	49,7
Robledo	7	67	45	44	52,0
Belén	16	76	81	53	70,0

Anexo 6. Casos sexo femenino en las comunas de Medellín, 2018 a 2020.

NomCom	CodCom	CSexoF2018	CSexoF2019	CSexoF2020	PRCSexoF
La América	12	30	21	4	18,3
Guayabal	15	34	13	10	19,0
Santa Cruz	2	37	25	8	23,3
Poblado	14	28	38	14	26,7
San Javier	13	32	25	24	27,0
Laureles-Estadio	11	34	27	28	29,7
Popular	1	38	33	19	30,0
La Candelaria	10	32	42	19	31,0
Castilla	5	25	52	17	31,3
Doce de octubre	6	61	29	13	34,3
Buenos Aires	9	56	30	24	36,7
Aranjuez	4	68	30	20	39,3
Villa Hermosa	8	43	58	19	40,0
Robledo	7	64	40	30	44,7
Manrique	3	56	61	25	47,3
Belén	16	51	66	61	59,3

Anexo 7. Número de pobres en las comunas de Medellín, 2018 a 2020.

NomCom	CodCom	Pobres2018	Pobres2019	PromGeneral
Poblado	14	1756	2778,92723	2267,46361
La América	12	2305	3892,63415	3098,81708
Laureles- Estadio	11	5453	3104,87168	4278,93584
La Candelaria	10	8200	8477,05298	8338,52649
Guayabal	15	8566	11006,8878	9786,44388
Belén	16	14682	17592,5861	16137,293
Castilla	5	18128	17128,1494	17628,0747
Buenos Aires	9	15878	19647,7836	17762,8918
Villa Hermosa	8	20380	25083,0522	22731,5261
Santa Cruz	2	21932	25650,895	23791,4475
Robledo	7	23927	24657,0897	24292,0449
Aranjuez	4	20879	28160,5014	24519,7507
San Javier	13	25209	29318,9947	27263,9973
Manrique	3	29130	32224,2331	30677,1165
Popular	1	28580	35374,6519	31977,326
Doce de octubre	6	27854	40924,0165	34389,0083

Anexo 8. Tasa de educación neta en las comunas de Medellín, 2018 a 2020.

NomCom	CodCom	TCEdNtTo2018	TCEdNtTo2019	TCEdNtTo2020	PRTCEdNtTo
Poblado	14	72,8	68,6	68,5	70,0
Popular	1	83,5	80,5	79,6	81,2
Santa Cruz	2	83,4	81,8	80,2	81,8
Doce de octubre	6	82,9	81,9	80,7	81,8
Castilla	5	80,2	82,7	84,3	82,4
Aranjuez	4	80,8	79,5	91,9	84,1
San Javier	13	86,8	83,5	84,9	85,1
Manrique	3	89,5	89,7	79,4	86,2
Robledo	7	91,4	92,1	79,5	87,7
Belén	16	93,1	85,8	89,1	89,3
Guayabal	15	85	72,2	114,5	90,6
Villa Hermosa	8	96,9	96	86,1	93,0
Buenos Aires	9	112,5	108,1	83,6	101,4
La Candelaria	10	107,6	103,2	106,4	105,7
Laureles-Estadio	11	119,2	112,7	120,2	117,4
La América	12	141,5	144,5	104,1	130,0

Anexo 9. Tasa homicidios en las comunas de Medellín, 2018 a 2020.

NomCom	CodCom	THom2018	THom2019	THom2020	PRTHom
Poblado	14	10,3	7,4	1,8	6,5
Buenos Aires	9	4,5	6,9	8,5	6,6
Manrique	3	10,3	11,3	7,6	9,7
Santa Cruz	2	9,7	10,4	11	10,4
Popular	1	8,8	15	7,7	10,5
Doce de octubre	6	13	12,8	9,4	11,7
Villa Hermosa	8	13,1	20,9	16,1	16,7
Belén	16	19,7	25,2	12,4	19,1
Robledo	7	29,1	19,1	15,6	21,3
Laureles-Estadio	11	31	24,8	8,9	21,6
Aranjuez	4	27,6	23,8	19,4	23,6
Castilla	5	21	23,1	28,5	24,2
La América	12	35,1	40,5	10,3	28,6
Guayabal	15	46,4	38,5	10,7	31,9
San Javier	13	58,5	29,1	15,1	34,2
La Candelaria	10	142,3	112,9	74,4	109,9

Anexo 10. Proporción de Hogares sin servicios públicos en las comunas de Medellín, 2018 a 2020.

NomCom	CodCom	HSinSP2018	HSinSP2019	HSinSP2020	PRHSinSP
Aranjuez	4	0	0	0	0
Robledo	7	0	0	0	0
La Candelaria	10	0	0	0	0
Laureles-Estadio	11	0	0	0	0
La América	12	0	0	0	0
Poblado	14	0	0	0	0
Guayabal	15	0	0	0	0
Belén	16	0	0	0	0
Manrique	3	0,2	0	0,1	0,1
Doce de octubre	6	0,2	0	0,1	0,1
Buenos Aires	9	0,2	0	0,1	0,1
San Javier	13	0,2	0	0,1	0,1
Castilla	5	0,4	0	0,2	0,2
Santa Cruz	2	0,5	0	0,25	0,25
Popular	1	0,4	0,2	0,3	0,3
Villa Hermosa	8	0,7	0,2	0,45	0,45