



**EL DENGUE Y EL CAMBIO CLIMÁTICO**

**AUTORES**

**ALEJANDRA ACOSTA GÓMEZ**

**MARIA MERCEDES POSADA ACOSTA**

**DIRECTOR DEL PROYECTO**

**MARTA CECILIA JARAMILLO MEJIA**

**UNIVERSIDAD ICESI**

**FACULTAD DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS Y ECONOMICAS**

**ECONOMÍA**

**SANTIAGO DE CALI**

**2020**

## **Agradecimientos**

En primer lugar, queremos hacer un reconocimiento especial a la profesora Marta Cecilia Jaramillo M., por su guía y asesoría durante todo este proyecto, sin su ayuda este no hubiera sido posible. Asimismo, queremos agradecer al profesor Juan Tomas Sayago Gómez, quien nos facilitó la obtención de la información de las variables climáticas, además de una orientación en la creación de algunas variables esenciales para nuestro análisis. A Santiago Correa, economista, egresado de la Universidad Icesi, porque gracias a sus conocimientos y disposición para ayudarnos nos encamino en varias ocasiones de dificultad. Por último, queremos agradecer de manera especial a nuestros familiares quienes siempre nos han acompañado en cada proceso.

## **Resumen**

En este trabajo se pone en evidencia la relación existente entre variables climáticas y geográficas como la temperatura, la precipitación y la altitud con la incidencia del dengue en algunos municipios de Colombia. Asimismo, se muestra que existe una relación entre la mortalidad del dengue y ciertas características socioeconómicas de los municipios. Se trabajó con una muestra de 363 municipios para tres años, 2017, 2018 y 2019.

Se presentan dos estudios. En el primero, se muestra una descripción climática y socioeconómica de tres diferentes conglomerados de municipios donde se analizan la relación existente entre dichas características y la incidencia en morbilidad y mortalidad del dengue. En el segundo estudio, se realizan dos modelos probit. El primero, prueba la relación existente de la altitud y el promedio de precipitación sobre la morbilidad del dengue. El segundo, evidencia la conexión entre características socioeconómicas como cobertura en salud e indicadores de pobreza y la mortalidad del dengue. Los resultados indican en la mayoría de los casos una relación negativa de la altitud y el promedio de precipitación sobre la morbilidad del dengue. Igualmente se encuentra esta misma relación entre las variables socioeconómicas y la mortalidad del dengue.

## **Abstract**

This work highlights the existence relationship between climate and geographic variables like temperature, precipitation, and altitude with dengue incidence in some Colombian municipalities. It is also shown that there is a relationship between dengue mortality and some

socioeconomic characteristics of the municipalities. A sample of 363 municipalities was used for three years, 2017,2018 and 2019.

Two studies are presented, the first one shows a climatic and socioeconomic description of three different municipalities conglomerates where it is analyzed the existing relationship between the mentioned characteristics and the dengue morbidity and mortality. In the second study two probit models are made. The first one shows the existing relationship between altitude and the precipitation average on dengue morbidity. The second one demonstrates the connection that links poverty and health indicators with dengue mortality. In most cases the results indicate a negative relationship of altitude and precipitation on dengue morbidity. This same relationship is also found between the socioeconomic variables and dengue mortality.

#### **Palabras claves**

Dengue, temperatura, altitud, cambio climático, salud.

#### **Keywords**

Dengue, temperature, altitude, climate change, health.

## Tabla de Contenidos

Agradecimientos .....	2
Resumen.....	3
Abstract.....	3
Palabras claves .....	4
Keywords .....	4
Tabla de Contenidos .....	5
Lista de gráficos .....	7
Introducción .....	8
Planteamiento del problema.....	9
Marco teórico .....	10
¿Qué es el Cambio Climático?.....	10
¿Cuándo empezó el cambio climático?.....	10
¿Cómo el cambio climático afecta la salud?.....	11
Efectos mediados por sistemas naturales: Vectores de enfermedades.....	12
Efectos del cambio climático sobre el vector. ....	12
Aedes Aegypti.....	13
Sobre el vector .....	13
Arbovirus transmitidos por Aedes aegypti. ....	14
Efecto del cambio climático en las poblaciones de Aedes aegypti.....	16

Influencia de la temperatura en el vector .....	16
Influencia de la precipitación en el vector .....	17
Patrones de distribución de <i>A. aegypti</i> .....	18
Objetivo general.....	19
Objetivos Específicos.....	19
Metodología .....	20
Análisis Descriptivo.....	25
Resultados .....	34
Conclusiones.....	38
Bibliografía .....	39
Anexos .....	41
Conglomerados por municipios .....	41

## **Lista de tablas**

Tabla 1 - Relación de las variables climaticas con la morbilidad y la mortalidad por clúster....	26
Tabla 2 – Tipología municipal predominante por clúster.....	28
Tabla 3 – Modelo probit para morbilidad y variables climaticas .....	34
Tabla 4 – Modelo probit para mortalidad y variables socioeconomicas .....	36
Tabla 5 – Matriz de correlación clúster 1 .....	43
Tabla 6 - Matriz de correlación clúster 2 .....	43
Tabla 7 - Matriz de correlación clúster 3 .....	43

## **Lista de gráficos**

Gráfico 1- Analfabetismo 2018 .....	29
Gráfico 2 - Total: Necesidades Básicas Insatisfechas por Categorías % (2018) .....	30
Gráfico 3 - Pobreza extrema 2018 .....	30
Gráfico 4 - Índice de Pobreza Multidimensional .....	33
Gráfico 5 – Aseguramiento en salud 2018 .....	33

## **Introducción**

El dengue se considera una enfermedad grave de impacto epidemiológico, social y económico, que se ha instaurado como un problema creciente para la salud pública mundial. La influencia de factores demográficos, medioambientales y sociales, tales como condiciones de viviendas, calidad de prestación de servicios sanitarios y pobreza, entre otros, han contribuido a la propagación del vector, propiciando el aumento de la incidencia y la aparición de enfermedades en nuevas zonas geográficas (Zambrano et al., 2017).

Este documento consiste en cuatro partes. Primero, se contextualiza al lector sobre qué es el cambio climático, las características del vector *Aedes Aegypti*, transmisor del dengue, y finalmente, sobre el efecto del cambio climático en las poblaciones del vector. Segundo, se explica la metodología implementada en la creación de la base de datos que se usó para el desarrollo de la investigación, así como los procesos econométricos que permiten evidenciar o no la relación entre variables climáticas con la morbilidad y mortalidad del dengue. Tercero, se realiza un análisis descriptivo por grupos de municipios el cual permite evidenciar la influencia de ciertas características socioeconómicas sobre el dengue en los municipios colombianos. Finalmente, en la cuarta parte se presentan los resultados obtenidos de generar un probit, por cada grupo de municipios creados, que modela la relación entre variables climáticas y el dengue. Esta investigación busca evidenciar una relación entre la altitud de los municipios, variables climáticas, como temperatura y precipitación, y su posible variación por el cambio climático con la incidencia en la morbilidad y mortalidad del dengue.

## **Planteamiento del problema**

El cambio climático ha contribuido a la propagación del dengue transmitido por el vector *Aedes aegypti* mediante la ampliación del hábitat en el que el vector se desarrolla. Lo que busca el desarrollo de esta investigación es responder a la pregunta ¿Se puede relacionar los cambios en diferentes variables climáticas, como temperatura y precipitación, con el aumento de la incidencia de dengue en los diferentes municipios de Colombia?

## **Marco teórico**

### **¿Qué es el Cambio Climático?**

De acuerdo con la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, éste se entiende como “un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables”(IDEAM, 2014).

Este cambio de clima atribuido a la actividad humana es consecuencia de la emisión de gases de efecto invernadero que propaga dicha actividad humana. Los gases de efecto invernadero (GEI) son “los componentes gaseosos de la atmósfera, tanto naturales como antropógenos, que absorben y emiten radiación en determinadas longitudes de onda del espectro de radiación infrarroja emitido por la superficie de la Tierra, la atmósfera y las nubes” (IDEAM, 2014).

### **¿Cuándo empezó el cambio climático?**

La última era geológica en la que estamos ubicados hoy es denominada la era histórica, esta era comienza hace 1,8 millones de años atrás con el fin de la era cenozoica. La era histórica está dividida en 3 periodos: pleistoceno, holoceno y Antropoceno. El Antropoceno es el periodo en el que estamos ubicados hoy y empieza con el desenvolvimiento de la globalización. “El Antropoceno sería una nueva época de la Tierra, consecuencia del despliegue del sistema urbano-agro-industrial a escala global, que se da junto con un incremento poblacional mundial sin parangón histórico” (Fernández Durán, 2011). La comisión internacional de estratigrafía

formó en el año 2009 el Grupo de Trabajo del Antropoceno, este grupo definió que el comienzo del Antropoceno estaría a mediados del siglo XX. Pues es en ese momento en que el crecimiento de la población humana se aceleró rápidamente y junto con esta creció la producción industrial, el uso de productos químicos agrícolas y otras actividades con repercusiones a escala planetaria. Por lo tanto, esta nueva era histórica es marcada por la incidencia de la especie humana en el planeta tierra y ha tenido grandes consecuencias ambientales como; acidificación en los océanos, aumentos en el nivel del mar, proliferación de especies invasoras, dispersión de nuevos materiales como los plásticos y entre ellas el cambio climático (Fernández Durán, 2011).

### **¿Cómo el cambio climático afecta la salud?**

En las últimas décadas, el cambio climático ha contribuido a niveles de mala salud. Aunque la actual carga mundial de mala salud por el cambio climático es relativamente pequeña en comparación con otros factores estresantes para la salud y no está bien cuantificada, el aumento de las temperaturas ha aumentado el riesgo de muerte y enfermedad relacionada con el calor. Los cambios locales en la temperatura y las precipitaciones han alterado la distribución de algunas enfermedades transmitidas por el agua y los vectores de enfermedades, y han reducido la producción de alimentos para algunas poblaciones vulnerables.

Existen tres vías básicas por las cuales el cambio climático afecta la salud:

- Impactos directos, que se relacionan principalmente con los cambios en la frecuencia del clima extremo, incluido el calor, sequía y fuertes lluvias.
- Efectos mediados por sistemas naturales, por ejemplo, vectores de enfermedades, enfermedades transmitidas por el agua y contaminación del aire.

- Efectos fuertemente mediados por sistemas humanos, por ejemplo, impactos ocupacionales, desnutrición y estrés mental.

### **Efectos mediados por sistemas naturales: Vectores de enfermedades.**

Las enfermedades transmitidas por vectores (VBD) se refieren más comúnmente a infecciones transmitidas por la picadura de artrópodos chupadores de sangre, como los mosquitos o las garrapatas. Algunas de las enfermedades mejor estudiadas asociadas con el cambio climático, debido a su ocurrencia generalizada y sensibilidad a los factores climáticos son: malaria (transmitido por el vector *Anopheles*) y el dengue y el Chikunguña (ambos transmitidos por el vector *Aedes aegypti*) ( Campbell, Berry, Butler, & Chafe, 2014).

### **Efectos del cambio climático sobre el vector.**

La distribución geográfica y la dinámica poblacional de las enfermedades vectoriales puede explicarse mediante los patrones de temperatura, lluvias y humedad. Dado que, la mayoría de los vectores son artrópodos de sangre fría altamente sensibles a las temperaturas ambientales, el calentamiento global facilita su desarrollo. Una temperatura elevada conlleva a un aceleramiento del metabolismo de los insectos, ocasionando un incremento en su producción de huevos y en la necesidad de alimentarse. Las lluvias tienen un efecto indirecto sobre la longevidad del vector, puesto que aumentan la humedad en el ambiente, creando un hábitat mucho más favorable para el desarrollo de estos. Las inundaciones ocasionan efectos catastróficos como las disminuciones de fuentes alimenticias y la deforestación, situaciones que facilitan el desplazamiento de los insectos a zonas habitadas por el hombre. Se ha evidenciado casos de adaptabilidad vectorial en donde los vectores han podido trasladarse y sobrevivir en lugares donde normalmente no lo

harían por su condición climática, pero que, gracias a los cambios en el clima, han podido trasladarse y adaptarse en otros hábitats (Lema, 2002).

En este sentido el cambio climático tiene un impacto sobre los vectores en tanto que eleva las temperaturas, la humedad y las lluvias, expandiendo el hábitat habitable del vector a mayores altitudes y latitudes. El dengue, la enfermedad viral más frecuente en el mundo, es transmitido por el vector *Aedes aegypti* (también portador de otras enfermedades como la fiebre amarilla, el Chikunguña, la fiebre de Zika y el Virus Mayaro). La expansión del área de distribución del *Aedes* está favorecida, no solo por el aumento de la humedad, la temperatura y las lluvias, sino también por los fenómenos de deforestación. Ejemplos actuales del avance de las enfermedades vectoriales son la aparición de brotes de dengue en Sudamérica (Githeko, Lindsay, Confalonier, & Patz, 2009).

## ***Aedes Aegypti***

### **Sobre el vector**

*Aedes* (*Stegomyia*) *aegypti* (Linneaus) es el principal vector urbano de virus del dengue en todo el mundo. En los últimos 25 años ha habido un aumento global tanto en la distribución de *Aedes aegypti* (*A. Aegypti*) como en la actividad epidémica del virus del dengue (Jansen & Beebe, 2010). La aparición y reaparición de la actividad epidémica del dengue ha provocado mucho debate sobre el papel potencial del clima y los cambios climáticos en la epidemiología cambiante de la enfermedad. Asimismo, el papel del clima (patrón climático promedio en una localidad o región a lo largo del tiempo) y el clima (eventos locales diarios en la atmósfera) en la determinación de la posible distribución geográfica futura de *A. aegypti* (Jansen & Beebe, 2010).

A pesar de que *A. aegypti* se considera un mosquito tropical y su distribución parece estar influenciada por el clima en algunas regiones templadas del mundo, los registros contemporáneos e históricos documentan la persistencia fuera de estas regiones (Jansen & Beebe, 2010). *A. aegypti* está estrechamente asociado con la habitación humana y entra fácilmente en los edificios para alimentarse y descansar. A diferencia de muchas otras especies de mosquitos, *A. aegypti* es un mosquito que pica durante el día, y a menudo se alimenta de múltiples huéspedes durante un solo ciclo gonotrófico. Las hembras ponen huevos preferentemente en recipientes artificiales, incluidos tanques de agua, floreros, bases de plantas de maceta, neumáticos desechados, cubos u otros recipientes que normalmente se encuentran alrededor o dentro de la casa. Los huevos se depositan sobre o cerca de la superficie del agua en contenedores y, una vez embrionados, pueden soportar la desecación hasta por un año (World Health Organization, 2011).

#### **Arbovirus transmitidos por *Aedes aegypti*.**

Debido a su capacidad para la transmisión de varios arbovirus (virus transmitidos por vectores) que afectan la salud humana, esta especie se ha tornado en uno de los principales vectores de enfermedad alrededor del planeta. *A. aegypti* es el principal vector de cuatro arbovirosis humanas: fiebre amarilla, fiebre del dengue, fiebre Chikunguña y fiebre Zika. Estas patologías arbovirales se encuentran entre las enfermedades infecciosas emergentes más importantes y constituyen problemas de salud pública a nivel global (López-Latorre & Neira, 2016).

## *El dengue*

La fiebre del dengue, que se distribuye en regiones tropicales y subtropicales de todo el planeta, tiene como agente etiológico al virus del dengue, que pertenece a la familia Flaviviridae. Existen cuatro serotipos distintos del virus del dengue (DENV-1, DENV-2, DENV-3 y DENV-4), los cuales presentan diferencias en la composición de su genoma y sus antígenos de superficie. La severidad de la enfermedad causada por la infección con el virus del dengue puede variar entre casos asintomáticos y casos fatales. A pesar de que no se sabe a ciencia cierta cuáles son los factores que determinan la evolución de la enfermedad en un paciente, se cree que la infección secuencial con distintos serotipos del virus puede ser un factor desencadenante de la presentación más severa de la enfermedad, y puede llegar a tener consecuencias fatales (López-Latorre & Neira, 2016).

La fiebre del dengue es la enfermedad transmitida por mosquitos que se ha propagado más rápidamente en el mundo (World Health Organization, 2009). La Organización Mundial de la Salud (WHO) y el Programa Especial para la Investigación y Capacitación de Enfermedades Tropicales (TDR, por sus siglas en inglés), reportan que anualmente se producen aproximadamente 50 millones de infecciones por dengue, y alrededor de 2,5 mil millones de personas viven en países con dengue endémico (World Health Organization, 2009). En algunas circunstancias, es evidente que las fuertes precipitaciones favorecen la propagación de la fiebre del dengue, pero la sequía también puede ser una causa si los hogares almacenan agua en recipientes que proporcionan sitios adecuados de cría de mosquitos (López-Latorre & Neira, 2016).

## **Efecto del cambio climático en las poblaciones de *Aedes aegypti*.**

Debido al cambio climático, el mosquito ha podido desarrollarse en lugares en donde no era frecuente, permitiendo que el virus se extienda de forma descontrolada en diferentes regiones. Fenómenos como las precipitaciones, la temperatura y la altura influyen en la infestación. Estos fenómenos están relacionados con una mayor disponibilidad de criaderos, de manera que algunos autores lo han descrito como un factor capaz de modular la aparición de epidemias e incrementar la transmisión de virus (Márquez Benítez et al., 2019).

### **Influencia de la temperatura en el vector**

La evidencia científica sugiere que la variable más relevante, en cuanto al desenvolvimiento del vector, es la temperatura. Esto pues 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. Todas estas relaciones que son reguladas por la temperatura no suceden con las demás variables climáticas.

El *Aedes aegypti* es un insecto poiquiloterma, esto significa que sus procesos biológicos tales como: la maduración sexual, la cópula y la oviposición se ven afectados por la temperatura ambiental. La temperatura adecuada para el *A. aegypti*, en la cual puede desarrollarse adecuadamente y sobrevivir se encuentra entre los 26 y 28°C. Una adecuada temperatura favorece el rápido desarrollo y sobrevivencia del insecto, lo que a su vez promueve la proliferación de vectores en el ambiente, lo que va ligado a una mayor transmisión (Márquez Benítez et al., 2019). Algunos estudios han relevado que se han presentado eclosiones larvales a

temperaturas altas, demostrando una adaptación fisiológica. Además, no se ha encontrado presencia de huevos cuando la temperatura desciende por debajo de los 10°C (Márquez Benítez et al., 2019).

Liu-Helmersson y colaboradores (2014) elaboraron un estudio para determinar el efecto de diferentes temperaturas y de la variación de estas temperaturas durante el día (variable denominada “rango de temperatura diurna”, o DTR), en la capacidad vectorial de *A. aegypti*. Determinaron que la temperatura óptima de transmisión es aproximadamente 29°C. Cuando la temperatura ambiental promedio se aleja de esta temperatura óptima, el efecto de un DTR amplio incrementa la capacidad vectorial de *A. aegypti*. Además, cuando la temperatura promedio es cercana a la temperatura óptima de transmisión, el efecto de un DTR corto incrementa la capacidad vectorial mientras que un DTR amplio disminuye la capacidad de transmisión de dengue (López-Latorre & Neira, 2016).

### **Influencia de la precipitación en el vector**

El incremento en la precipitación promedio probablemente se traducirá en una expansión significativa del tamaño poblacional de este insecto en las áreas aptas para su desarrollo. Adicionalmente, no se puede dejar de lado el efecto que el propuesto incremento en la frecuencia de eventos de precipitación extrema puede tener. Eventos de esta naturaleza generalmente causan inundaciones, y producen el deterioro de estructuras tanto públicas como privadas, como por ejemplo caminos, viviendas, escuelas y centros de salud. Esto a su vez se traduce en un incremento de sitios de reproducción para mosquitos, el desplazamiento y hacinamiento de personas afectadas, y dificultades de acceso a servicios de salud. (todos factores que complican

el panorama epidemiológico y favorecen la transmisión de enfermedades, incluyendo aquellas para las que *A. aegypti* sirve de vector principal) (López-Latorre & Neira, 2016)

### **Patrones de distribución de *A. aegypti***

La distribución del *Aedes Aegypti* está limitada por la altitud, “la forma urbana del *A. Aegypti* se ha registrado a 2.121msnm en la India y a 2.200msnm en Colombia, en donde la temperatura anual media es de 17°C. Mas allá del Ecuador rara vez se encuentra esta especie por encima de los 1.000 m de altura. Debido al calentamiento global y a múltiples factores socioeconómicos regionales y locales, los patrones de distribución de *A. aegypti* han cambiado, con nuevos registros altitudinales y una extensa distribución en todos los continentes, incluidos Norteamérica, Europa y Asia. En Colombia, se pensaba que la especie no habitaba por encima de los 1.585 msnm antes del trabajo de Suárez y Nelson en 1981; sin embargo, estos autores lo registraron en 22 municipios por encima de los 1.600 msnm y a 2.200 msnm en Málaga (Santander), siendo este último el registro altitudinal más alto para Suramérica hasta ahora. Según el Grupo de Entomología de la Dirección de Redes en Salud Pública del Instituto Nacional de Salud de Colombia, *A. aegypti* se encuentra en 718 municipios distribuidos en todos los departamentos del territorio nacional a altitudes que no sobrepasan los 2.200 msnm (Ruiz-López et al., 2016).

### **Objetivo general**

Evidenciar la relación entre la altitud de los municipios, variables climáticas como temperatura y precipitación (y su posible variación por el cambio climático) con la incidencia en la morbilidad y mortalidad del dengue.

### **Objetivos Específicos**

- Exponer la posible relación del cambio climático con la incidencia y mortalidad del dengue en los diferentes municipios de Colombia por medio de la temperatura y la precipitación.
- Evidenciar la influencia de características socioeconómicas como pobreza, prestación de servicios públicos y cobertura en salud con la mortalidad y morbilidad del dengue.

## **Metodología**

Esta investigación fue desarrollada mediante el estudio de corte transversal. En principio, se utilizaron datos climáticos y epidemiológicos obtenidos del IDEAM y el Sistema de Información para la Vigilancia de la salud pública (SIVIGILA) respectivamente además de datos socioeconómicos obtenidos del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) y TerriData para la caracterización de los municipios. A partir de estos datos se construyó una base de datos con 363 municipios que contaban con la información completa y con un total de 13.281 observaciones.

En un inicio, se descargaron los datos de temperatura y precipitación del IDEAM para los años 2017, 2018 y 2019, dado que se quería trabajar con datos recientes. Dichos datos son proporcionados por el IDEAM con una frecuencia diaria y la información no está completa para todos los municipios lo que limitó el trabajo al análisis de un número reducido de estos. El IDEAM permite la descarga de estos datos por departamento y parámetro, por lo que una vez descargados se unieron por medio de un append haciendo uso del software Stata. Cuando se tuvieron los datos con todos los municipios incorporados se prosiguió a depurar la base manteniendo únicamente las variables necesarias: el valor de temperatura y precipitación, fecha, municipio, departamento y altitud. A continuación, se prosiguió a crear una variable nombrada “codigodptomunicipio” basándonos en los códigos proporcionados por el DANE, esto permitía la identificación de los municipios y facilitaba el cruce con otras bases de datos.

Seguido de esto, se descargaron los datos de morbilidad y mortalidad del dengue para los años elegidos y los municipios de los que se tenían datos de temperatura y precipitación. Debido que

estos datos son proporcionados por 52 semanas epidemiológicas anuales, se requirió construir la variable “semana” con los datos del IDEAM siguiendo el orden de los calendarios epidemiológicos de los años estudiados (SIVIGILA, 2017) (SIVIGILA, 2018) (SIVIGILA, 2019). Además, se generó un promedio para dichas semanas de temperatura y precipitación. Nuevamente se procede a unir estas dos bases de datos por medio de un append. Una vez todos los datos organizados por semanas epidemiológicas se decidió organizar estos por periodos epidemiológicos, con el fin de no tener missings y reducir los vectores de la matriz que conforman la base de datos puesto que son 13 periodos por año.

Para la construcción de la base de datos que permitiría la caracterización de los municipios se descargaron indicadores relevantes proporcionados por el DANE y TerriData para una descripción socioeconómica. Los indicadores elegidos fueron: Analfabetismo, Necesidades básicas insatisfechas (NBI), Pobreza extrema, Pobreza Multidimensional (IPM) y aseguramiento en salud. Debido a que estos datos no presentan variaciones anuales importantes se eligió como año representativo el 2018, pues era el que presentaba los datos completos. Seguido de esto, se unieron todos estos indicadores en una sola base y se añadió la variable altitud que sería útil más adelante.

Para facilitar el análisis descriptivo se optó por organizar la base de datos en clústeres de municipios. Este procedimiento se llevó a cabo en el software R-Studio. Para realizar un proceso de clustering se debe contar con los siguientes elementos: Primero, una medida de similitud para determinar qué tan parecidos son los individuos al interior de los grupos y qué tan diferentes entre grupos, por simplicidad se emplea la distancia euclidiana. Segundo, un algoritmo para

formar los clústeres, se emplea el algoritmo jerárquico y particionado. Los algoritmos jerárquicos construyen subconjunto de clústeres organizados jerárquicamente como un árbol. Por otro lado, los algoritmos de clústeres particionados forman grupos que son mutuamente excluyentes; es decir, subconjunto de individuos que no se sobrepone. El tercer elemento es un criterio para determinar el número de clústeres, se usa el cálculo de métricas y siluetas (Alonso & Hoyos, 2020).

El primer paso para la construcción de este tipo de clústeres fue calcular una matriz de proximidad empleando la distancia euclidiana. Se usa solo una variable para realizar la tarea de clusterización, este trabajo usó la altitud de cada municipio. Al tener esta variable rangos diferentes, era importante estandarizarla quitándole la media y dividiéndola por la desviación estándar. Después de lo anterior, se emplea como medida de distancia euclidiana. El siguiente paso implicó emplear los algoritmos para la creación de los clústeres jerárquicos y particionados. Esto conllevó a la selección de un método de aglomeración para la construcción de los conglomerados. Para el primer algoritmo se usa el método “average” y después el método “centroid”; para el segundo algoritmo se usó el método “k-means”.

Una forma de determinar el número de clústeres es el cálculo de métricas. Para el clúster jerárquico por método de “average” se sugirieron tres o nueve clústeres; por el método “centroid” se sugieren 3 y finalmente por el algoritmo particionado se sugieren nuevamente tres clústeres. Se usa otra aproximación complementaria para determinar el número de clústeres, el criterio de las siluetas (“Silhouette Plots”) que muestra qué tan bien se ajusta cada observación al clúster que ha sido asignado. Si el criterio arroja números cercanos a uno significa que la

observación está bien ubicada en su grupo, mientras que cercanos a cero implica que el individuo fue mal clasificado en su clúster.

Se obtuvo que la mejor opción era tres clústeres por algoritmo particionado y método k-means. Una vez obtenido el número óptimo de clústeres se procede a la creación de estos en el software Stata. Se conglomeró los municipios en tres rangos de altitud diferente; el clúster uno acogió los municipios con altitud entre 1 – 838 m.s.n.m., el clúster dos los municipios con altitud entre 2.018-3.104 m.s.n.m. y el clúster tres los municipios con altitud entre 864-1.965 m.s.n.m. A su vez, cada uno de los clústeres acogió 181, 77 y 105 municipios respectivamente (ver conglomerados por municipios de anexos). Es de aclarar que los clústeres no son consecutivos porque, en la base de datos, no existían municipios con altitudes entre 839-863 m.s.n.m. y 1.966-2.017 m.s.n.m. Teniendo estos datos de los municipios y el rango de altitud de cada clúster se procede a conglomerar en este mismo orden la base de datos con los indicadores socioeconómicos, por medio de la variable altitud que fue agregada anteriormente. Finalmente, con las bases de datos organizadas por clúster se procede a hacer el análisis descriptivo.

Seguido de esto se procedió a trabajar en el modelo econométrico. Se decidió hacer dos modelos, en el primero se buscaba evidenciar la relación entre las variables climáticas utilizadas, la altitud y la morbilidad del dengue. El segundo pretendía mostrar la relación entre la mortalidad del dengue y las variables socioeconómicas seleccionadas. Primero se implementaron tablas de correlación para evitar problemas de multicolinealidad en los modelos. Se mostró que las variables temperatura y altitud estaban fuertemente correlacionadas por lo que se optó por usar únicamente la altitud debido a que era una variable que contaba con todos los valores por

municipio. También se encontró una correlación entre la tasa de analfabetismo, NBI, pobreza extrema e IPM por lo que únicamente se utilizó en el modelo el IPM (ver tablas 4, 5 y 6 de anexos).

Para ambos modelos se decidió hacer un probit, por lo que era necesario crear una variable dependiente dicotómica, en ese sentido para el primer modelo se creó la variable morbilidad que tomaba el valor de 1 cuando existían casos de dengue y 0 de ser lo contrario, el segundo modelo se siguió el mismo procedimiento. Teniendo estas dos variables creadas se corrieron los dos modelos probit, en el primero se utilizaron como variables explicativas la altitud y el promedio de precipitación; en el segundo se utilizaron como regresores afiliados al régimen subsidiado, afiliados a regímenes especiales, afiliados al régimen contributivo, afiliados al SGSSS, IPM y el componente de servicios (vivienda con servicios inadecuados).

## **Análisis Descriptivo**

Para el análisis descriptivo de las variables por cada uno de los clústeres se relacionó el promedio anual de las variables climáticas con el promedio anual de las variables de morbilidad y mortalidad del dengue. Lo anterior por medio de una tabla con escalas de colores donde el color rojo indica el valor más alto, el amarillo el valor medio y el color verde el más bajo.

En la tabla 1 se observan los datos de los tres clústeres organizados siguiendo su rango de altitud, del más bajo al más alto. El clúster 1 presenta valores significativos para cada una de las variables, aunque el promedio de precipitación para los tres años se encuentra dentro de un rango medio en comparación con los otros clústeres, este presenta los promedios de temperatura más altos, al igual que los promedios más altos de mortalidad y morbilidad del dengue, por lo que se asocia una relación positiva entre estas variables. Por otro lado, al otro extremo se encuentra el clúster 2, cuyo rango de altitud es el más alto y por lo tanto presenta la temperatura más baja, por consiguiente, tiene el menor promedio de morbilidad y de mortalidad. Finalmente, el clúster 3 se encuentra dentro de un rango medio para la mayoría de las variables analizadas exceptuando la precipitación en los años 2017 y 2018 donde presentó los niveles más altos con respecto a los otros clústeres, sin embargo esto no representó incidencia en la morbilidad y la mortalidad del dengue.

Tabla 1

Relación de las variables climáticas con la morbilidad y la mortalidad por clúster.

Clúster	Altitud (m.s.n.m)	Año	Precipitación (cm <sup>2</sup> )	Temperatura (°C)	Mortalidad (*100.000 habitantes)	Dengue (*100.000 habitantes)
1	Baja (1-838)	2017	3,27	31,35	0,07	17,26
		2018	3,56	31,45	0,24	19,69
		2019	2,72	31,78	0,21	23,75
3	Media (854-1.965)	2017	4,01	25,58	0,01	15,12
		2018	3,99	25,51	0,04	14,70
		2019	3,26	26,00	0,07	18,11
2	Alta (2.018-3.104)	2017	2,54	19,60	0,00	8,26
		2018	2,48	19,56	0,00	8,08
		2019	2,04	19,96	0,00	8,60

Nota: Elaboración propia con datos obtenidos de: IDEAM y SIVIGILA.

También se observa que para cada clúster individualmente, independientemente de su altitud, la temperatura aumenta de manera general del 2017 al 2019 lo que afirma el calentamiento en el estado del sistema climático terrestre debido al cambio climático. Además se muestra una relación directa con respecto a las variaciones de temperatura e incidencia del dengue, donde cada vez que la temperatura aumenta se muestra un aumento en los casos de dengue y cuando baja (como es el caso del 2017 al 2018 para los clústeres 2 y 3) los casos de dengue bajan.

La altitud y las variables climáticas ejercen una importante influencia sobre el vector por lo que limitan la distribución de *A. Aegypti*. La evidencia científica propone a la temperatura

como la variable más relevante, en cuanto al desenvolvimiento del vector, puesto que afecta 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, afecta la conformación estructural del virión. Según la literatura la temperatura más adecuada para el *A. aegypti*, se encuentra entre los 26 y 28°C, sin embargo se han registrado eclosiones larvales a temperaturas más altas, lo que demuestra la adaptación fisiológica del mosquito (Márquez Benítez et al., 2019). En la tabla 1 se muestra evidente este caso, el clúster uno al conglomerar los municipios con altitudes entre 1-838 presenta las características climáticas más apropiadas para el desarrollo del mosquito y por lo tanto la propagación del dengue.

Después de observar el promedio de mortalidad y morbilidad de dengue en cada uno de los clústeres y su relación con las variables climáticas se caracterizaron los clústeres por tipología municipal predominante. El ejercicio de tipologías municipales realizada por el Departamento Nacional de Planeación (DNP) se basa en el concepto de desarrollo territorial. Los municipios y distritos del país se distribuyen en 7 tipologías (TIP) que se identifican desde la letra A hasta la letra G. Igualmente, se dispone de una escala, una clasificación de entorno de desarrollo, en la cual se identifican 3 categorías: La primera categoría es “Entorno de Desarrollo Robusto”, con los departamentos pertenecientes a las TIP-A y TIP-B, que se encuentran en el tercio más alto de la escala de la valoración de los componentes. La segunda clasificación es “Entorno de Desarrollo Intermedio”, con los departamentos pertenecientes a las TIP-C y TIP-D, en general, son ciudades intermedias. La tercera y última es la categoría de “Entorno de

Desarrollo Incipiente”, con los departamentos pertenecientes a TIP-E, son municipios apartados o desconectados (Departamento Nacional de Planeación, et al., 2014).

*Tabla 2*

*Tipología municipal predominante por clúster*

Clúster	Tipología municipal predominante	Cuenta de tipología
1	E	129
2	D	99
3	D	63

Nota: Elaboración propia con datos obtenidos de: DNP (2018)

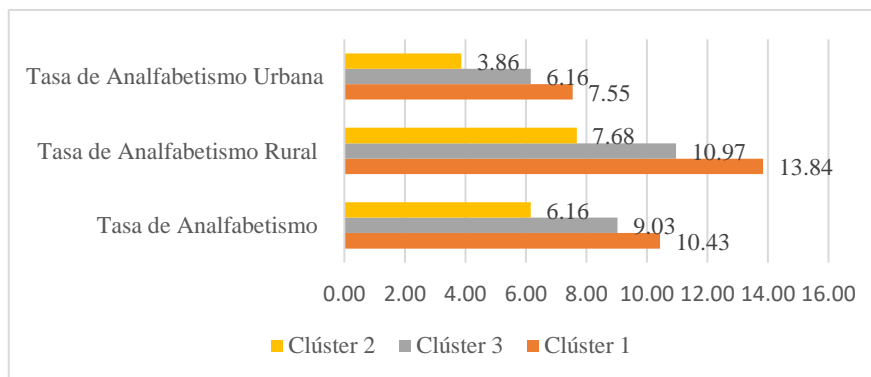
La tabla 2 indica que la moda en el en el clúster 1 es la tipología E, es decir que la mayoría de los municipios de este clúster se catalogan como “Entorno de Desarrollo Incipiente”, indicando que están apartados de los mercados, con participación muy pequeña en el PIB nacional y con economías poco especializadas, con baja conexión a los grandes centros urbanos caracterizándose por ser localidades rurales. En el clúster 2 y 3 la moda es la tipología D, indicando que la mayoría de los municipios en estos clústeres se catalogan como “Entorno de Desarrollo Intermedio”, indicando que son ciudades intermedias con relevancia en la economía departamental, principalmente, capitales departamentales y municipios que históricamente han operado como centralidad regional.

Posteriormente se hizo una caracterización de los clústeres por medio de variables descriptivas como; analfabetismo, necesidades básicas insatisfechas (NBI), índice de pobreza multidimensional (IMP), pobreza y aseguramiento en salud. Para cada uno de los indicadores se tomó el 2018 como año de referencia puesto que estas tasas no presentan cambios significativos entre los tres años analizados

En el gráfico 1 se muestra el promedio de la tasa de analfabetismo total, rural y urbana para cada uno de los clústeres. La tasa de analfabetismo según el DANE es el porcentaje de la población de 15 años y más que no pueden leer y escribir. Se puede observar que el clúster 1 presenta las tasas más altas de analfabetismo, tanto para rural como urbano, por el contrario, el clúster 2 presenta las tasas más bajas. La tasa de analfabetismo total entre el clúster 1 y el clúster 2 presenta una diferencia significativa de 4,27 pp. Por otro lado, la tasa de analfabetismo rural entre estos dos clústeres difiere alrededor del 55%, una diferencia importante. Finalmente, la tasa de analfabetismo urbano presenta una diferencia menor con 3,69 pp.

*Gráfico 1*

*Analfabetismo 2018*



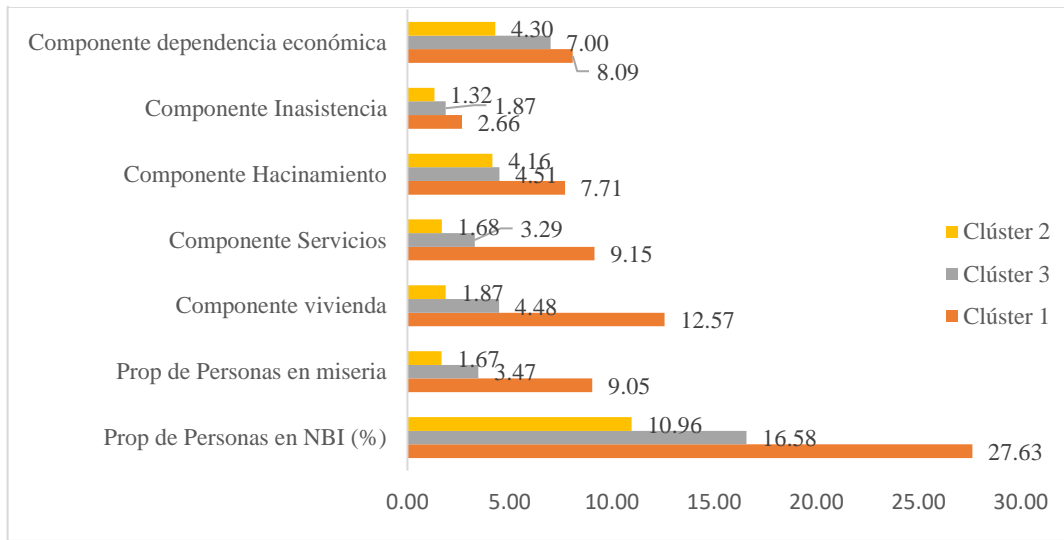
Nota: Elaboración propia con datos obtenidos de: DANE (2018)

El gráfico 2 expone el promedio de necesidades básicas insatisfechas, así como cada uno de sus componentes por cada clúster estudiado. Este indicador busca determinar qué necesidades básicas de la población se encuentran cubiertas, de modo que los grupos que no alcancen un umbral mínimo fijado son clasificados como pobres. Los componentes de este indicador muestran el porcentaje de la población que cuenta con viviendas inadecuadas, viviendas con

hacinamiento crítico, viviendas con servicios inadecuados, viviendas con alta dependencia económica y viviendas con niños en edad escolar que no asisten a la escuela.

Gráfico 2

Total: Necesidades Básicas Insatisfechas por Categorías % (2018)



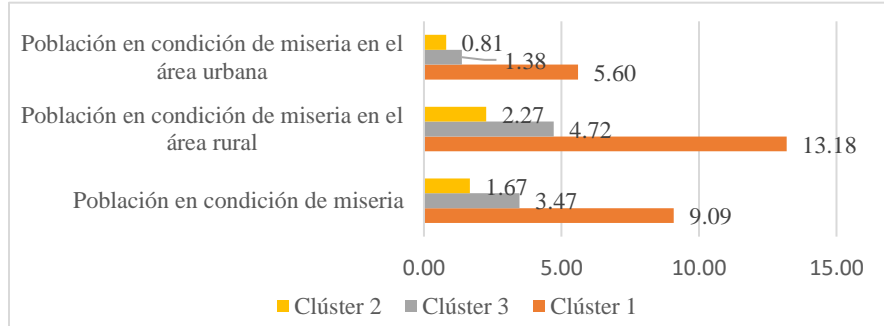
Nota: Elaboración propia con datos obtenidos de: DANE.

En el gráfico 2 se observa como el clúster 1 presenta el mayor porcentaje de necesidades básicas insatisfechas dado que también contiene los valores más altos para cada uno de los componentes mencionados. Lo anterior conlleva a que tenga un mayor porcentaje de personas en miseria. En contraste con lo anterior se tiene que el clúster 2 presenta las menores tasas para cada uno de los componentes, así como el porcentaje de necesidades básicas insatisfechas y por consiguiente el menor valor de personas en miseria. Es de destacar la gran diferencia en el porcentaje del NBI entre el clúster 1 y el clúster 2 que radica alrededor del 60%. Cabe anotar que estas diferencias entre el clúster 1 y el clúster siguen el mismo patrón de diferencia que se

presentaron en la tabla 1 con la morbilidad y la mortalidad del dengue, donde el clúster 1 presentaba los valores más altos

Gráfico 3

*Pobreza extrema 2018*



Nota: Elaboración propia con datos obtenidos de: TerriData.

Como se mencionó anteriormente los grupos que no cumplan con un umbral mínimo de necesidades básicas son catalogados como población en condición de miseria. El gráfico 3 muestra de manera desagregada el porcentaje de población en condición de pobreza extrema para el área rural y para el área urbana. Se puede observar que el área que mayor desigualdad presenta, entre clústeres, es el área rural puesto que el clúster 1 contiene el 13,18% de la población rural en condición de miseria, mientras que el clúster 2 solo presenta el 2,27%, esto conlleva a una diferencia del 82,72%.

El índice de Pobreza Multidimensional Municipal está conformado por cinco dimensiones que involucran 15 indicadores. Para el DANE se consideran en situación de pobreza los hogares que tengan privación en por lo menos el 33,3% de los indicadores.

En el gráfico 4 se observa que el clúster 1 presenta los valores más altos tanto del IPM total como para los valores de cabecera y rural, el clúster 3 se mantiene con valores medios y el

clúster 2 presenta los valores más bajos de todos, es decir que este clúster presenta las mejores condiciones de los indicadores que conforman este índice y el clúster 1 es el que más privaciones presenta.

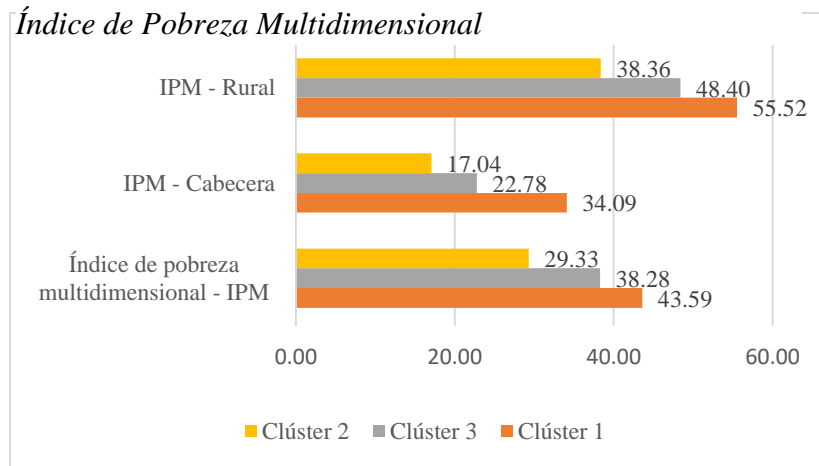
El sistema general de Seguridad Social en Salud (SGSSS) regula el servicio público esencial de salud y crea condiciones de acceso para toda la población residente, en todos los niveles de atención. Al SGSSS se accede a través del Régimen Contributivo y a través del Régimen Subsidiado. En el gráfico 5 que el clúster 1 y 2 son los que presentan un mayor porcentaje de afiliados al SGSSS. No obstante, el porcentaje de afiliados al régimen contributivo es mayor en el clúster 3. Por otro lado, la afiliación a regímenes especiales, aunque es un poco mayor en el clúster 1 su diferencia no es importante. Finalmente, la afiliación al régimen subsidiado en el clúster 3 es menor en comparación con los clústeres 1 y 2.

En conclusión, se puede observar un patrón en la caracterización de los clústeres para los indicadores de analfabetismo, NBI, pobreza extrema, IPM y aseguramiento en salud. Donde el clúster 1, a excepción del indicador en salud, presenta los valores diferenciadamente más negativos en contraste con los clústeres 2 y 3, indicando que la población de los municipios que conforman este clúster presenta condiciones de vida menos favorables que la de los otros, resultado que se corrobora con el análisis de tipologías realizado, en donde el clúster 1 se cataloga como “Entorno de Desarrollo Incipiente”.

Esta caracterización se puede relacionar con la incidencia de la morbilidad y la mortalidad del dengue en cada uno de los clústeres que se observó en la tabla 1, donde se sigue el mismo patrón, es decir, mayor incidencia de la morbilidad y mortalidad del dengue en el clúster 1 y un menor

número de casos en el clúster 2. Manteniéndose el clúster 3 con valores medios entre estos dos extremos.

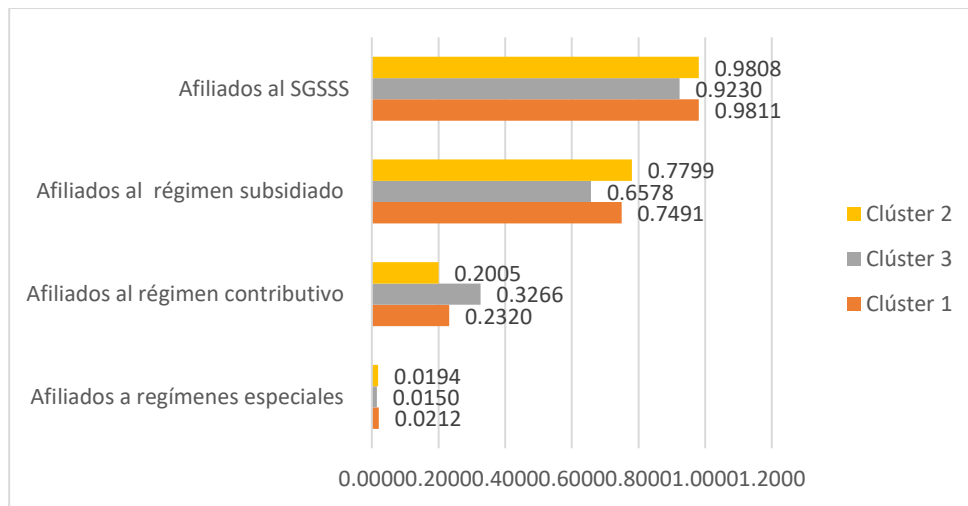
*Gráfico 4*



Nota: Elaboración propia con datos obtenidos de: TerriData.

*Gráfico 5*

*Aseguramiento en salud 2018*



Nota: Elaboración propia con datos obtenidos de: TerriData.

## Resultados

Tabla 3

Modelo Probit para morbilidad y variables climáticas

	MFx1	MFx2	MFx3
	b/t	b/t	b/t
morbilidad			
altitud	-0,00064*** (-5,52886)	-0,00066*** (-2,63341)	-0,00129*** (-10,44410)
Promedio de precipitación	-0,02104*** (-4,41684)	-0,00696 (-0,29705)	0,01840*** 2,87791
_cons	0,34003*** 8,81821	0,02491 0,03922	1,54673*** 8,04819

\*\*\*p<0,010, \*\*p<0,05, \*p<0,10

Nota: Elaboración propia en software Stata

En la tabla 2 se muestran los resultados de los efectos marginales del modelo probit para cada uno de los clústeres. MFx1 indica los parámetros estimados para el clúster 1, los cuales muestran que hay una relación inversa entre la morbilidad por dengue, la altitud y el promedio de precipitación por municipio. Explícitamente se tiene que ante un aumento de un metro sobre el nivel del mar se espera que en promedio la morbilidad del dengue disminuya en 0,064 pp. Por otro lado, ante un aumento de un cm<sup>2</sup> del promedio de precipitación se espera que en promedio la morbilidad del dengue disminuya en 2,1 pp. Ambos parámetros resultan estadísticamente significativos con un 99% de confianza.

Para el clúster 2 (MFx2) los parámetros estimados indican igualmente una relación negativa entre la morbilidad del dengue, la altitud y el promedio de precipitación. Estos parámetros muestran que ante un aumento de un metro sobre el nivel del mar se espera que en promedio la

morbilidad del dengue disminuya en 0,066 pp. Este parámetro resulta estadísticamente significativo con un 99% de confianza. Además, ante un aumento de un  $\text{cm}^2$  del promedio de precipitación se espera que en promedio la morbilidad del dengue disminuya en 0,69 pp.

Por último, para el clúster 3 (MFx3) se tiene que se mantiene la relación inversa entre altitud y la morbilidad del dengue, indicando que ante un aumento de un metro sobre el nivel del mar se espera que en promedio la morbilidad del dengue disminuya en 0,129 pp. Por el contrario, para este clúster, la relación entre el promedio de precipitación y la morbilidad del dengue cambia a ser directa. Es decir, que ante un aumento de un  $\text{cm}^2$  del promedio de precipitación se espera que en promedio la morbilidad del dengue aumente en 1,8 pp. Ambos parámetros resultan estadísticamente significativos con un 99% de confianza.

En la tabla 3 se observa el modelo probit que relaciona la mortalidad del dengue con algunas variables socioeconómicas para cada uno de los tres clústeres. Se muestra que, para todos los indicadores, a excepción del componente de servicios, existe una relación inversa. En el clúster 1 se tiene que ante un aumento en uno por ciento en la afiliación al régimen subsidiado, afiliados a regímenes especiales, afiliados al régimen contributivo, los afiliados al SGSSS y el IPM se espera que en promedio la mortalidad del dengue disminuya en 0,42, 6,43, 3,28, 0,06 y 0,014 por ciento, respectivamente. Por otro lado, ante un aumento en uno por ciento en el componente de servicios de vivienda inadecuados se espera que en promedio la mortalidad del dengue aumente en 0,015 por ciento.

Tabla 4

Modelo probit para mortalidad y variables socioeconómicas

	MFX1 b/t	MFX2 b/t	MFX3 b/t
Mortalidad			
Afiliados a regímenes subsidiado	-0,42150* (1,69514)	-0,33428 (0,54693)	-0,29283 (0,74947)
Afiliados a regímenes especiales	-6,43275* (-1,81493)	-3,58951 (-0,42455)	-6,0283 (-1,03952)
Afiliados al régimen contributivo	-3,28669*** (-10,94056)	-0,6555 (-1,00139)	-1,39725*** (-3,61383)
Afiliados al SGSSS	-0,0613 (-0,29856)	-0,785 (-0,88525)	-3,33639*** (-8,23382)
Índice de pobreza multidimensional	0,01409*** (-4,34613)	0,01491 (-1,10284)	0,00718 (-1,21088)
Componente Servicios	0,01518*** (6,05198)	0,05744 (1,08298)	0,0059 (0,46904)
_cons	1,99088*** (3,90111)	12,84334 (0,65169)	11,61108*** (-2,68363)

\*\*\*p<0,010, \*\*p<0,05, \*p<0,10

Nota: Elaboración propia en software Stata

Para el clúster 2 se tiene que ante un aumento en uno por ciento en la afiliación al régimen subsidiado, afiliados a regímenes especiales, afiliados al régimen contributivo y los afiliados al SGSSS se espera que en promedio la mortalidad del dengue disminuya en 0,33, 3,58, 0,65, y 0,78 por ciento, respectivamente. Por otro lado, ante un aumento en uno por ciento en el IPM y el componente de servicios de vivienda inadecuados se espera que en promedio la mortalidad del dengue aumente en 0,014 y 0,05 por ciento, respectivamente.

En el clúster 3 se repite este mismo patrón, indicando que ante un aumento en uno por ciento en la afiliación al régimen subsidiado, afiliados a regímenes especiales, afiliados al régimen contributivo y los afiliados al SGSSS se espera que en promedio la mortalidad del dengue disminuya en 0,29, 6,02, 1,39 y 3,33 por ciento, respectivamente. Por otro lado, ante un aumento en uno por ciento en el IPM y el componente de servicios de vivienda inadecuados se espera que en promedio la mortalidad del dengue aumente en 0,007 y 0,005 por ciento, respectivamente.

## **Conclusiones**

Esta investigación evidencia una conexión entre la altitud, la temperatura y la precipitación de los municipios con la incidencia en la morbilidad del dengue. Por otro lado, muestra que no solo son las variables climáticas las que inciden en esta enfermedad, sino también características socioeconómicas de los municipios como indicadores de salud y pobreza los cuales tienen un impacto directo en la mortalidad del dengue.

En primer lugar, se observa un aumento de la temperatura en la mayoría de los periodos estudiados independientemente de los rangos de altitud, un hecho que corrobora el calentamiento global. En segundo lugar, los modelos empleados en el trabajo demuestran que, para el caso de la mortalidad, existe una relación negativa entre este indicador, la cobertura en salud y la pobreza multidimensional. Para el caso de la morbilidad, demuestran la relación inversa entre la altitud y la incidencia; sin embargo, se encuentran resultados contrarios a la teoría para el caso de la precipitación, pues se obtiene una relación inversa -en la mayoría de los casos- con la morbilidad del dengue. En ese sentido, se propone analizar la incidencia de esta enfermedad en el periodo inmediatamente posterior a las lluvias debido a que el riesgo puede ser la precipitación, pero su influencia sobre la morbilidad podría verse, no durante el periodo de lluvia, sino después de este.

## Bibliografía

- Departamento Nacional de Planeación, González, D. S., Villamil, I. O., & Simón Gaviria Muñoz. (2014). *Tipologías Departamentales y Municipales*: 38.
- Fernández Durán, R. (2011). *El antropoceno: La expansión del capitalismo global choca con la biosfera*. Barcelona : Virus, 2011. <https://libros.metabiblioteca.org/display-item.jsp>
- IDEAM. (2014). *Cambio climático*. Participación ciudadana.  
<http://www.ideam.gov.co/web/atencion-y-participacion-ciudadana/cambio-climatico>
- Jansen, C. C., & Beebe, N. W. (2010). The dengue vector *Aedes aegypti*: What comes next. *Microbes and Infection*, 12(4), 272-279. <https://doi.org/10.1016/j.micinf.2009.12.011>
- Lema, I. (2002). El cambio climático y la salud humana. *Gaceta Ecológica*, ISSN 1405-2849, N°. 65, 2002, pags. 24-42.
- López-Latorre, M. A., & Neira, M. (2016). Influencia del cambio climático en la biología de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) mosquito transmisor de arbovirosis humanas. *Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas*, 37(2).
- Márquez Benítez, Y., Monroy Cortés, K. J., Martínez Montenegro, E. G., Peña García, V. H., & Monroy Díaz, Á. L. (2019). Influencia de la temperatura ambiental en el mosquito *Aedes* spp y la transmisión del virus del dengue. *Ces Medicina*, 33(1), 42-50.  
<https://doi.org/10.21615/cesmedicina.33.1.5>
- Ruiz-López, F., González-Mazo, A., Vélez-Mira, A., Gómez, G. F., Zuleta, L., Uribe, S., & Vélez-Bernal, I. D. (2016). Presencia de *Aedes* (*Stegomyia*) *aegypti* (Linnaeus, 1762) y

su infección natural con el virus del dengue en alturas no registradas para Colombia.

*Biomédica*, 36(2), 303. <https://doi.org/10.7705/biomedica.v36i2.3301>

Special Programme for Research and Training in Tropical Diseases, & World Health

Organization (Eds.). (2009). *Dengue: Guidelines for diagnosis, treatment, prevention, and control* (New ed). TDR : World Health Organization.

Zambrano, P., Rodríguez Reyes, A. J., Pardo Herrera, L. C., & Ardila Roldán, S. C. (2017).

Protocolo de vigilancia en salud pública—Dengue. *INS*, 04, 19.

Alonso, J. C., & Hoyos, C. C. (2020). *Breve introducción a los modelos de clustering para científico de datos (en R)*. Cali .

SIVIGILA. (2017). *Instituto Nacional de Salud*. Obtenido de Dirección de vigilancia y análisis del riesgo en salud pública: [www.ins.gov](http://www.ins.gov)

SIVIGILA. (2018). *Instituto Nacional de Salud*. Obtenido de Dirección de vigilancia y análisis del riesgo en salud pública: [ww.ins.gov](http://ww.ins.gov)

SIVIGILA. (2019). *Instituto Nacional de Salud*. Obtenido de Dirección de vigilancia y análisis del riesgo en salud pública: [www.ins.gov](http://www.ins.gov)

## Anexos

### Conglomerados por municipios

**Clúster 1 (1-838):** Santa Fe De Antioquia, Zambrano, Apartado, China Vita, Arboletes, Puerto Boyacá, Carepa, San Pablo De Borbor, Caucasia, Florencia, Chigorodó, Belén De Los Andaquies, Concordia, El Doncello, El Bagre, San José Del Fragua, Fredonia, San Vicente Del Caguán, Mutata, Solano, Necoclí, Valparaíso, Nechi, Cajibío, Penol, Guapi, Puerto Berrio, Patía (El Bordo), Remedios, Purace (Coconuco), Taraza, Santander De Quilichao, Turbo, Totoro, Valdivia, Valledupar, Zaragoza, Aguachica, Barranquilla, Agustín Codazzi, Juan De Acosta, Chiriguana, Manatí, El Paso, Repelón, Gamarra, Sabanalarga, Pailitas, Soledad, San Diego, Suan, Montería, Cartagena De Indias, Ayapel, Arjona, Buenavista, El Carmen De Bolívar, Cerete, El Guamo, Chima, Magangué, Ciénaga De Oro, María, La Baja, Lorica, Pinillos, Montelíbano, San Jacinto Del Cauca, Planeta Rica, San Pablo, Puerto Escondido, Santa Rosa Del Sur, Sahagún, Pivijay, Lérica, San Sebastián De Buenavista, Mariquita, Zona Bananera, Natagaima, Villavicencio, Prado, Barranca De Upia, Rovira, Cubarral, Saldana, Cumaral, Valle De San Juan, Mesetas Villahermosa, La Macarena, Buenaventura, Puerto López, Bugalagrande, Restrepo, Florida, San Carlos De Guaroa, Jamundí, San Martin, Palmira, Barbacoas, Arauca, Cumbal, Arauquita, Cumbitara, Tame, Tumaco, Yopal, Cúcuta, Aguazul, Toledo, Nunchia, Barrancabermeja, Orocue, Chima, Paz De Ariporo, Cimitarra, Tamara, El Carmen, Tauramena, Girón, Trinidad, Puerto Parra, Villanueva, Sabana De Torres, Mocoa, Corozal, Puerto Leguizamo, Sampués, Villa Garzón, San Benito Abad, San Andrés, Ibagué, San Andrés Y

Providencia, Santa Isabel, Ambalema, Leticia, Armero, La Chorrera, Ataco, Puerto Nariño, Espinal, Inírida, Flandes, Mitú, Guamo, Puerto Carreño.

**Clúster 3 (854-1965):** Medellín, Abrego, Alejandría, Cachira, Andes, Cucutilla, Anorí, Herrán, Argelia, La Playa, Bello, Ocana, Caldas, Pamplonita, Cañasgordas, Ragonvalia, Don Matías, Salazar, Frontino, Teorama, Puerto, Nare, Armenia, San Carlos, Pereira, San Francisco, Pueblo Rico, San Roque, Santuario, San Vicente, Albania, Santa Barbara, Capitanejo, Santo Domingo, Charalá, Támesis, Gambita, Urrao, Lebrija, Vegachi, Mogotes, Venecia, Palmar, Yolombo, Surata, Campohermoso, Tona, Labranza grande, Zapatoca, La Capilla, Chaparral, Macanal, Rioblanco, Miraflores, San Antonio, Otanche, Cali, Pajarito, Buga, Pisba, Sevilla, Quipama, Tuluá, Santa María, Zarzal, Sutatenza, Saravena.

**Clúster 2 (2018-3104):** Ciudad Bolívar, Toca, Entreríos, Ventaquemada, Jericó, Manizales, La Unión, Aguadas, Rionegro, Salamina, Santa Rosa De Osos, Bogotá D.C, San Sebastián, Tunja, Sotará, Aquitania, Cabrera, Beteitiva, Carmen De Carupa, Boavita, Chocontá, Buenavista, Facatativá, Cerinza, Fúquene, Chiscas, Guasca, Chita, La Calera, Cuitiva, Madrid, Duitama, Mosquera, El Espino, Nemocón, Güicán, Pasca, La Uvita, San Cayetano, Villa De Leyva, Soacha, Nobsa, Sopo, Nuevo Colon, Subachoque, Paipa, Suesca, Ramiriquí, Tenjo, Rondón, Ubaque, Saboya, Villa de San Diego de Ubaté, Samacá, Villa Pinzón, Santa Sofía, Zipaquirá, Sativa Norte, Pasto, Socotá, Aldana, Socha, Contadero, Sogamoso, Funes.

Tabla 5

Matriz de correlación clúster 1

	morbilidad	altitud	Promedio de precipitación
morbilidad	1		
altitud	-0.103	1	
Promedio de precipitación	-0.0822	0.0766	1

Elaboración propia en software Stata.

Tabla 6

Matriz de correlación clúster 2

	morbilidad	altitud	Promedio de precipitación
morbilidad	1		
altitud	-0.0795	1	
Promedio de precipitación	-0.0107	0.0177	1

Elaboración propia en software Stata.

Tabla 7

Matriz de correlación clúster 3

	morbilidad	altitud	Promedio de precipitación
morbilidad	1		
Altitud	-0.3136	1	
Promedio de precipitación	0.1185	-0.1097	1

Elaboración propia en software Stata.