

Diseño metodológico para el análisis espacial del riesgo asociado al virus del dengue en el municipio de Pitalito, aplicando los sistemas de información geográfica SIG

Nury Johanna Angulo Marles

Julián Andrés Londoño Salinas

Universidad Nacional Abierta y a Distancia Unad

Escuela de Ciencias, Agrícolas y Pecuarias del Medio Ambiente

Programa de Ingeniería Ambiental

CCAV Pitalito- Huila

2020

Diseño metodológico para el análisis espacial del riesgo asociado al virus del dengue en el municipio de Pitalito, aplicando los sistemas de información geográfica SIG

Nury Johanna Angulo Marles

Julián Andrés Londoño Salinas

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de ingeniero ambiental

Director:

Luis Famer Lamilla Carvajal

Ingeniero Ambiental, Esp.

Universidad Nacional Abierta y a Distancia Unad

Escuela de Ciencias, Agrícolas y Pecuarias del Medio Ambiente

Programa de Ingeniería Ambiental

CCAV Pitalito- Huila

2020

Página de Aceptación

Nota de aceptación

---

---

---

---

Presidente del jurado

---

Jurado

---

Jurado

Pitalito, septiembre de 2020

## **Dedicatoria**

*Nury Johanna*

*Dedico este proyecto principalmente a mi padre celestial ( Dios), quien ha sido mi guía, fortaleza y sabiduría en cada proceso de mi carrera. A mi madre Nur María Marles, ella con todo su amor y fuerzas ha sido mi compañía, mi esperanza y la voz de aliento en cada momento de mi vida, a ella le debo lo que soy y lo que seré; ella con sus valores y principios me formó y han hecho de mí una Mujer única e irrepetible. A mi hija Abby Samara, ella es mi motor y la que me motiva cada día a brindarle una mejor calidad de vida, un mejor futuro y un ambiente más sano, con su ternura y amor me da fuerzas para continuar, me recuerda que en la vida nunca se puede retroceder, más bien siempre avanzar, pue soy su líder y ella mi seguidora, soy su espejo y ella mi reflejo y depende de mí que ella sea mi mejor versión. al tutor Luis Farmer por su dedicación y esfuerzo ; eres un gran maestro! A mis hermanos y familiares por su apoyo incondicional y por sus buenos deseos. A la Universidad Nacional Abierta y a distancia, por permitirme formarme como Ingeniería Ambiental, aprendí a romper estructuras mentales sobre la educación a distancia, aprendí hacer más organizada con mi tiempo, autónoma y disciplinada, era mi sueño y ahora es mi realidad.*

*Julián Andrés*

*Dedicatoria a Dios por permitirme la oportunidad de realizar grandes logros en la vida, a mis padres por haberme forjado con los valores para llegar a ser la persona que soy en la actualidad, a mis hermanos, sobrinos y amigos que con su sabiduría me acompañaron hasta el final. Existe un ser muy especial quien me acompañó durante todo este camino, sin importar mi estado de ánimo, el frío, el calor, el día, la noche y altas horas de la madrugada ese ser incondicional es mi peludo amigo Jack. No fue fácil pero con esfuerzo y dedicación se pudo lograr.*

## **Agradecimientos**

*Nury Angulo*

*Agradezco a Dios, por ser mi amigo, consejero y mi todo en la vida, su presencia me ha guiado en cada decisión me ha dotado de sabiduría, amor y sobre todo perseverancia, para no dejar abandonados mis sueños.*

*Agradezco, a mi madre Nur María Marles, porque aún en medio de su enfermedad, ha luchado conmigo dando me animo, trasnochándose, para que pueda ser una profesional, pero sobre todo una buena persona, una mujer que promueva un cambio de cultura en una sociedad tan devastada por la incesantes.*

*Gracias a mi hija Abby Samara, a mis hermanos, amigos y el papa de mi hija, por siempre darme esa vos de aliento y motivación.*

*Agradezco de manera especial al tutor, Luis Famer, por haberme guiado, no solo en la elaboración de este proyecto, sino a lo largo de mi carrera universitaria, siempre con su actitud positiva y su buena energía ha sido ese apoyo para desarrollarme profesionalmente.*

*A la Universidad Nacional Abierta y a distancia por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestra profesión.*

*Julián Andrés*

*El presente trabajo agradezco a Dios por ser mi guía y acompañarme en el transcurso de mi vida, brindándome paciencia y sabiduría para culminar con éxito mis metas propuestas. A mis hermanos, a mis padres Albeiro y Esther, por ser mi pilar fundamental y haberme apoyado incondicionalmente, pese a las adversidades e inconvenientes que se presentaron. Agradezco a mi director de proyecto de grado el ingeniero Luis Famer Lamilla quien con su experiencia, conocimiento y motivación me oriento en la investigación. Agradezco a los todos los tutores que con su sabiduría, conocimiento y apoyo, motivaron a desarrollarme como persona y profesional en la Universidad Nacional Abierta y a distancia UNAD.*

## Contenido

Resumen .....	12
Abstract .....	13
Introducción .....	14
Planteamiento del problema .....	15
Antecedentes de la problemática.....	16
Descripción del problema: .....	17
Formulación del problema: .....	18
Justificación.....	19
Objetivos .....	21
Objetivo general .....	21
Objetivos específicos.....	21
Marco de referencia.....	22
Localización geográfica Zona de Estudio .....	22
Área de estudio .....	23
Marco conceptual y teórico .....	23
Área estudio teórica. ....	24
Análisis de la información:.....	24
Análisis de densidad de casos:.....	24
Análisis de tendencia espacial: .....	25
Análisis de asociación espacial.....	25
Aplicativos o software (SIG) utilizados con mayor frecuencia:.....	26
Marco normativo .....	34
Resultados. ....	39

Variables o datos ambientales, estadísticos y epidemiológicos que se requieren para realizar el análisis. ....	39
Comportamiento estadístico de los casos de dengue en Pitalito. ....	39
Tipo de datos que se deben recolectar para elaborar el análisis: .....	40
Proceso de recolección de información. ....	44
Entidades prestadoras de salud que brindan atención a los casos de dengue en el Municipio de Pitalito .....	45
Herramienta humanas, físicas y digitales que se requieren para el procesamiento de la información.....	45
Herramientas físicas y digitales: .....	46
Ruta metodológica para realizar el análisis de la distribución espacial de casos con las condiciones medio ambientales.....	47
Pasos para aplicar el diseño metodológico propuesto, asociado al virus del dengue en el Municipio de Pitalito. ....	48
Paso 1: Zona de Estudio.....	48
Geografía Física del Municipio .....	48
Demografía: .....	49
Paso 2. Recolección De La Información .....	50
¿Qué hacer en caso de no encontrar la suficiente información?.....	51
Paso 3. Preparación de datos recolectados .....	52
Paso 4. Agrupación de datos.....	53
Paso 5. Interpolación espacial .....	54
Información necesaria para elaborar el mapa en (SIG), en el software Qgis. ....	55
Paso 6. Análisis de superficie: slope gradiente.....	57
Análisis de resultados .....	58
Conclusiones .....	74

Recomendaciones.....	75
Bibliografía.....	76
Anexos.....	78
Anexo 2:.....	80

### **Listado de Figuras**

<b>Figura. 1</b> Municipios con mayor número de casos de dengue, Colombia, semanas epidemiológicas 01 a 10 de 2020. Fuente: (Sivigila Instituto Nacional de salud, 2020) .....	16
<b>Figura. 2</b> Localización Geográfica Pitalito. ....	22
<b>Figura. 3</b> Mapa de puntos : Proporción de incidencia de dengue por entidad territorial, Colombia 2013. ....	25
<b>Figura. 4</b> Ruta Metodológica de Distribución espacial, asociado al virus del dengue.....	47
<b>Figura. 5</b> Casco Urbano Municipio de Pitalito.....	48
<b>Figura. 6</b> Casos dengue en Pitalito Huila 2017-2018-2019 .....	60
<b>Figura. 7</b> Casos dengue 2017. Fuente: Elaboración propia.....	61
<b>Figura. 8</b> Casos de dengue 2018. ....	63
<b>Figura. 9</b> Dimensión espacial del Virus del Dengue Pitalito 2010 .....	65
<b>Figura. 10</b> Áreas susceptibles de inundación Municipio de Pitalito .....	67

## **Listado de Tablas**

<b>Tabla 1.</b> Software Comerciales para SIG .....	26
<b>Tabla 2.</b> Software Libres 1 .....	28
<b>Tabla 3.</b> Software libre 2 .....	29
<b>Tabla 4.</b> Tabla marco normativo. ....	35
<b>Tabla 6.</b> lista de Herramientas físicas y presupuestos .....	46
<b>Tabla 7.</b> Población por área de residencial Pitalito 2018. ....	49
<b>Tabla 8.</b> Modelo de encuesta para análisis de Dengue. ....	78
<b>Tabla 9.</b> Casos de dengue reportador por Sivigila 2019 .....	80

## **Listado de Gráficos**

<b>Gráfico 1.</b> Casos positivos de Dengue - Pitalito Huila.....	40
<b>Gráfico 2.</b> Comportamiento Dengue por comunas - Municipio de Pitalito .....	69
<b>Gráfico 3.</b> Comportamiento de dengue en los barrios de Pitalito Huila.....	70
<b>Gráfico 4.</b> Casos del dengue por Barrio Comuna 1.....	71
<b>Gráfico 5.</b> Casos del dengue por Barrio Comuna 2.....	71
<b>Gráfico 6.</b> Casos del dengue por Barrio Comuna 3.....	72
<b>Gráfico 7.</b> Casos del dengue por Barrio Comuna 4.....	73

## **Resumen**

El presente proyecto propone elaborar una ruta metodológica que sirva de guía para realizar el análisis de la presencia, distribución y zonificación espacial del virus del dengue, inicialmente en la zona urbana del Municipio de Pitalito, el modelo describe de forma práctica todas las fases para elaborar la ruta del análisis; desde la recolección de la información, interpretación y análisis de los datos, tabulación de datos, principios básicos de estadística espacial, específicamente la exploración de datos espaciales, uso software de sistema de información geográfica con el propósito de generar mapas donde se puedan identificar las zonas geográficas con mayor riesgo por el vector, lo anterior asociando las variables ambientales que influyen en la producción del virus con el fin de que sea una herramienta de toma de decisiones eficiente para las actividades de prevención del dengue.

**Palabras claves:** Dengue, Sistemas de Información Geográfica, Análisis Espacial

## **Abstract**

This project proposes to elaborate a methodological design that serves as a guide to carry out the analysis of the presence, distribution and spatial zoning of the dengue virus, initially in the urban area of the Municipality of Pitalito, the model describes in a practical way all the phases to elaborate the path of analysis; from the collection of information, interpretation and analysis of data, tabulation of data, basic principles of spatial statistics, specifically the exploration of spatial data, use of geographic information system software with the purpose of generating maps where areas can be identified geographical areas with higher risk due to the vector, the above associating the environmental variables that influence the production of the virus in order to be an efficient decision-making tool for dengue prevention activities.

**Keywords:** Dengue, Geographic Information Systems, Spatial Analysis

## **Introducción**

Este proyecto propone elaborar un diseño metodológico que sirva de guía para realizar el análisis de presencia, distribución y zonificación espacial del virus del dengue, inicialmente en la zona urbana del Municipio de Pitalito. El objetivo es describir de forma práctica todas las fases para elaborar la ruta del análisis; desde la recolección de la información, interpretación y análisis de la información, tabulación, principios básicos de estadística espacial, específicamente la exploración de datos espaciales.

La estrecha relación que tienen los eventos en salud y el medio ambiente ha hecho que los sistemas de información geográfica se incorporen al sector de forma progresiva, brindando la oportunidad de explorar la distribución espacial de los eventos y sirviendo de apoyo para la toma de decisiones médicas, la vigilancia y la implementación de políticas en salud pública.

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se han convertido en una herramienta de gran impacto por su aplicación en ramas como la agricultura, la meteorología, el turismo y la salud pública, por solo mencionar algunas. El uso de los (SIG) en la rama de la salud tiene cada día mayor utilidad, su empleo contribuye al fortalecimiento de la capacidad de análisis en materia de salud pública y epidemiológica, brindando información de utilidad para la toma de decisiones.

Pitalito no cuenta con un estudio de diseños metodológicos que sirvan de guía para elaborar un análisis espacial del riesgo asociado al virus del dengue que aplique el uso de los sistemas de información geográfica (SIG), esto con el fin de identificar y proyectar la asociación del medio ambiente y de cada evento registrado por medio de mapas, donde se visualice las áreas geográficas y grupos de población que están en riesgo de contagio por el virus.

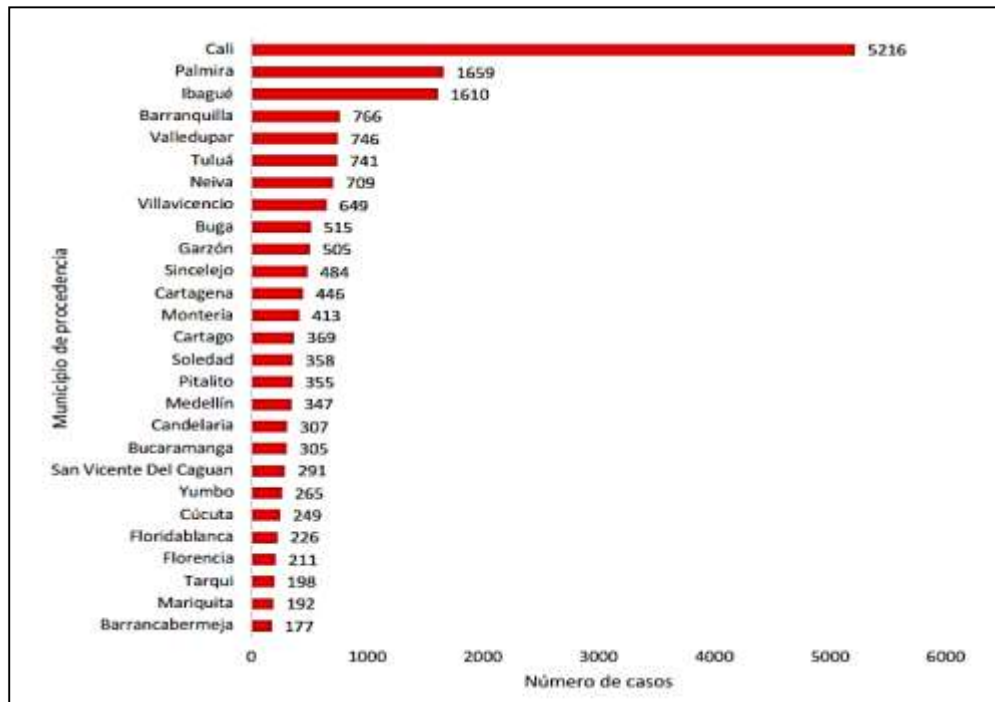
## Planteamiento del problema

El dengue es una enfermedad viral y aguda que va en aumento, está afectando a personas de cualquier edad, especialmente niños y adultos mayores, es causada por un virus que se forma producto de diferentes factores como: el cambio climático, incidencia en las condiciones medioambientales como el calor, humedad, aumento de la población en áreas urbanas de ocurrencia rápida y desorganizada, insuficiente provisión de agua potable que obliga a su almacenamiento en recipientes caseros habitualmente descubiertos, producción de recipientes inservibles que sirven como criaderos de mosquitos al igual que los neumáticos desechados, lavaderos sin mantenimiento, fuentes de aguas contaminadas, floreros con agua, residuos de botellas, macetas, en general por el manejo inadecuado de los residuos sólidos y la falta de una cultura de prevención e higiene en la población; Este virus se transmite a través de la picadura de mosquitos infectados (*Aedes aegypti*) (Tovar, 2020).

En Colombia este virus representa un problema prioritario de salud pública debido a la tendencia creciente en el comportamiento de ciclos epidémicos de cada dos o tres años; con el reporte de la semana epidemiológica **10 de 2020** se notificaron 2783 casos probables de dengue; 1365 de esta semana y 1418 de otras semanas. En el sistema hay 33 793 casos, 15455 (45,7 %) sin signos de alarma, 17 963 (53,2 %) con signos de alarma y 375 (1,1%) de dengue grave. (Boletín Epidemiológico Semanal, 1 al 7 de marzo de 2020).

Por procedencia, las entidades territoriales de Cali, Valle del Cauca, Tolima, Huila, Santander, Cesar, Meta y Cundinamarca, aportan el 68,3 % (23 080) de los casos de dengue a nivel nacional. (Boletín Epidemiológico Semanal, 1 al 7 de marzo de 2020. (Boletín Epidemiológico Semanal, 1 al 7 de marzo de 2020)

De igual forma en el mismo boletín epidemiológico anteriormente citado, se especifica en la hoja 13, una gráfica de los municipios con mayor número de casos de dengue, Pitalito Huila presenta un reporte de 355 casos, Cifra de alta importancia que indica que se debe analizar y atacar dicha problemática, ver ilustración:



**Figura. 1** Municipios con mayor número de casos de dengue, Colombia, semanas epidemiológicas 01 a 10 de 2020. Fuente: (Sivigila Instituto Nacional de salud, 2020)

### Antecedentes de la problemática

La revista Infectio (Asociación colombiana de infectología) realizó un **Análisis de la distribución espacial y temporal del virus del Dengue (2016-2017), Zika (2015-2017) y Chikunguña (2014-2017)**; la metodología de este estudio aplicó los (SIG), permitiendo identificar las zonas de Colombia en donde se presenta mayor densidad y prevalencia de casos, en mil ciento veinte cuatro (1124) municipios analizados, se comprobó una significativa estadística ( $p < 0.05$ ) por cada evento de dengue, Zika y Chikunguña, además de la existencia de dos conglomerados, espacio temporales, en la zona sur-occidental de la región andina y en la región de la Orinoquia. (Morales-García-Arango-Cárdenas-Badiel-Ocampo-Cuartas, 2019)

El 29 de Julio de 2013, la revista de investigaciones aprobó el análisis de **Distribución espacial del dengue basado en herramientas del Sistema de Información Geográfica,**

**Valle de Aburrá, Colombia**, dicho estudio permite conocer la funcionalidad de los sistemas de información geográfica para modelar patrones de distribución espacial, enfermedades tropicales y las enfermedades de origen tropical, dado a que estas, son patologías infecciosas, que se ubican en zonas intertropicales y donde las condiciones sociales, económicas, higiénicas, sanitarias y ambientales son deficientes, lo que contribuye a la creación de hábitats que generan un gran número de vectores, el estudio tomó los reportes mensuales de tres años 2008,2009,2011 del valle de Aburrá de la jurisdicción de Medellín Colombia y desarrolló el modelo metodológico de variación espacial del fenómeno con respecto a un punto de ocurrencia del evento; es decir ubicaron espacialmente los casos de dengue notificados por la secretaría de salud de Medellín a través de las viviendas de los pacientes, dicha información la ubicaron espacialmente por medio de software Arc Gis.10 y las herramientas espaciales IDW ,los resultados obtenidos permitieron dar a conocer los patrones espaciales de presencia del virus del dengue en sector suroccidental de Medellín; Corregimiento de AltaVista en las Comunas de Belén y Guayabal.

Sin embargo, el análisis mencionado anteriormente, recomienda que para tener combinar estos análisis con variables ambientales tales como dirección del viento, calidad del aire, temperatura de zonas, aguas estancadas, quebradas con poco cauce en muchas épocas del año, dado a que son parámetros que pueden influir en el crecimiento del mosquito trasmisor y de esta forma tener más herramientas para la toma de decisiones en la propagación del fenómeno. (Restrepo-Marulanda-Londoño, 2014)

### **Descripción del problema:**

El dengue es una enfermedad sistémica y muy dinámica, en la que en pocas horas un paciente puede pasar de un cuadro leve a un cuadro grave. Al inicio de la fiebre, no es posible predecir si el paciente tendrá síntomas y signos leves todo el tiempo, o si evolucionará a una forma grave de la enfermedad. Por lo tanto, el equipo de salud debe realizar un seguimiento estricto del paciente, y éste junto a su grupo familiar deben estar atentos a los signos de alarma, controlando todos los pacientes con síntomas de dengue hasta al menos 48 horas, que es donde finaliza la etapa febril. El dengue se ha vuelto una enfermedad cada vez más preocupante en ocasiones hay casos donde los portadores mueren. (Argentina, 2013)

El boletín epidemiológico semanal del 28 de mayo de 2020 en Colombia presenta una alarmante situación frente al virus del dengue en el municipio de Pitalito con un reporte de 850 casos y 11 casos de dengue grave, familias se ha visto afectadas por esta problemática, es importante analizar estos temas con seriedad y responsabilidad.

En este sentido, la pregunta que orienta el presente proyecto es: Cuál es el diseño metodológico apropiado para realizar un análisis de presencia, distribución y zonificación espacial del riesgo asociado al virus del dengue en el municipio de Pitalito Huila?

Existe múltiples estrategias, para este caso se plantea la elaboración de un diseño metodológico que sirva de guía para realizar un análisis de la dimensión y propagación del virus dengue a nivel espacial, es decir que indique cómo identificar y proyectar la asociación del medio ambiente (los ecosistemas, las condiciones climáticas e incluso la conciencia ambiental local) de cada evento registrado por medio los (SIG), con el fin de proyectar las áreas geográficas y grupos de población que están constantemente en riesgo por el virus del dengue en las diferentes comunas del municipio de Pitalito.

### **Formulación del problema:**

En el Municipio de Pitalito (Huila) no se han realizado estudios o diseños metodológicos que sirvan de guía para elaborar un análisis espacial del riesgo asociado al virus del dengue aplicando el uso de los sistemas de información geográfica(SIG) es decir que permita identificar y proyectar la asociación del medio ambiente y de cada evento registrado por medio de mapas, donde se visualice las áreas geográficas y grupos de población que están constantemente en riesgo por el virus.

## **Justificación.**

El Dengue es actualmente una de las enfermedades víricas de transmisión vectorial más importante en América Latina y el Caribe, Según la Organización Panamericana de la Salud (OPS), en la mitad del año 2018 se presentaron, solo en la subregión Andina 140.885 casos en Colombia, de acuerdo con el Instituto Nacional de Salud, durante la epidemia del año 2010 fueron reportados 147.257 casos de dengue clásico y 9.755 casos de dengue grave, un aumento de más del 200 % en la incidencia en comparación con el año 2000.

En el estudio realizado por (Juan Camilo Castrillón, 2015), se analiza que en el país los brotes de dengue son cíclicos y son reportados principalmente en departamentos del Norte de Santander, Santander, Huila, Tolima, Valle del Cauca y Antioquia que muy posiblemente se repite cada tres o cuatro años y dicha ocurrencia de casos puede ser atribuida a cambios sociales y climáticos.

Este proyecto plantea, un diseño metodológico sencillo y practico que describe la ruta para elaborar un análisis de presencia, distribución y zonificación espacial del riesgo del virus del dengue en el municipio de Pitalito, vinculando las diferentes variables ambientales asociadas y aplicando datos acompañado de un componente espacial; emplear este tipo de sistemas es un fenómeno relativamente novedoso y muy útil (Kourí, 2003); una herramienta importante es la Cartografía de Riesgos (Bot Tinelli et al, 2002), permiten la identificación de áreas geográficas o poblaciones expuestas a un determinado evento, facilitan el procesamiento de la información, los (SIG) ofrecen múltiples oportunidades, ayudan a entender la variación espacial de una enfermedad en un territorio dado, según las condiciones ambientales, económicas y sociales que están presentes en ese ecosistema, además constituyen una poderosa herramienta para el monitoreo y toma de decisiones. (CUÉLLAR LUNA, 2009).

Finalmente, este diseño metodológico será un instrumento importante, donde se aplicará los conocimientos adquiridos en el programa de ingeniería ambiental, dado a que integrara en la metodología los factores ambientales que influyen en la propagación del virus del dengue y se entregara como producto una guía técnica dirigido especialmente a estudiantes de formación ambiental, dependencias del área de salud y profesionales que

quieran acoger dicha metodología, con el fin de realizar los diferentes análisis de presencia y distribución espacial del virus del dengue en las zonas urbanas de los Municipios, lo anterior les permitirá tener una visión más clara de la problemática, con el fin de potenciar los programas de control del vector, priorizando las poblaciones con mayor riesgo.

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Elaborar un diseño Metodológico para el análisis de presencia, distribución y zonificación espacial del riesgo asociado al virus del dengue en el municipio de Pitalito haciendo uso de los Sistemas de información geográfica.

### **Objetivos específicos**

- Determinar las variables o datos ambientales, estadísticos y epidemiológicos que se requieren para realizar este tipo de análisis.
- Presentar las herramientas humanas, físicas y digitales que se requieren para el procesamiento de la información
- Elaborar la ruta metodológica para realizar el análisis de la distribución espacial de casos con las condiciones medio ambientales

## Marco de referencia

### Localización geográfica Zona de Estudio

Pitalito Huila, es el municipio elegido para elaborar el diseño metodológico, servirá de guía para realizar el análisis de presencia, distribución y zonificación espacial del virus del dengue. Este municipio está ubicado al suroriente del departamento del Huila con una extensión de 665 km<sup>2</sup>.



**Figura. 2** Localización Geográfica Pitalito.

Fuente: Editado de Google Maps por los autores.

La ubicación estratégica le permite gozar de condiciones ambientales privilegiadas que le han llevado a ser considerado, como uno de los municipios con el mayor número de predios adquiridos para la protección de microcuencas, con una altitud de 1000-1800mns. En Pitalito, los veranos son cortos y acalorados; los inviernos son cortos, cómodos, opresivos y mojados y está nublado durante todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 17 °C a 26 °C y rara vez baja a menos de 16 °C o sube a más de 28 °C.

## **Área de estudio**

El diseño es desarrollado en la zona urbana del municipio de Pitalito Huila, ubicado a los 1° 51' 07" de Latitud Norte y 76° 02' 14" de Longitud Oeste, Integrado por 67 barrios y dividido en 4 comunas, con una extensión total de 665 km<sup>2</sup>.

Sus principales generadoras de ingresos son el sector agropecuario, el comercio informal y la prestación de servicios, siendo el municipio con mayor producción de café en el país, reconocido a nivel internacional por su calidad.

## **Marco conceptual y teórico**

En la actualidad el dengue es uno de los principales problemas de salud pública en el mundo. La Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que 80 millones de personas se infectan anualmente, y cerca de 550 mil enfermos necesitan de hospitalización, 20 mil mueren como consecuencia de dengue, más de 2.500 millones de personas en riesgo de contraer la enfermedad y más de 100 países tienen transmisión endémica. Se estima que para el año 2085 el cambio climático pondrá a 3.500 millones de personas en riesgo“(Miriam Eliman, 1995)”

Georreferenciación es el posicionamiento con el que se define la ubicación de un objeto espacial (representación mediante punto, vector, área, volumen) en una técnica de coordenadas y datum determinado. Este proceso es utilizado frecuentemente en los Sistemas de Información Geográfica (SIG).

La representación cartográfica o mapas temáticos se elaboran con la finalidad de entender el comportamiento de los procesos salud-enfermedad, usualmente para identificar dónde se presenta el evento y en qué cantidad, pero para realizar un buen análisis espacial es necesario requerir información de descripción de las características naturales y socio-económicas del área geográfica que se está estudiando, así mismo la forma con que fueron elaboradas las cifras para “mapear”<sup>5</sup> o las estadísticas de estos datos.

La influencia de factores sociales, demográficos y medioambientales, tales como la urbanización no planificada, las migraciones de la población, variabilidad en la distribución

de esfuerzos por el control de vectores, los aspectos culturales, las condiciones de las viviendas, la calidad de la prestación de servicios sanitarios, la falta de higiene, el uso de recipientes no biodegradables propicia el aumento de la incidencia y la aparición del dengue en las diferentes zonas geográficas.

Para abordar la problemática del virus del dengue específicamente en el Municipio de Pitalito, se plantea el diseño de una metodología que analice la presencia y su propagación haciendo uso de los sistemas de información geográfica a través de:

### **Área estudio teórica.**

Describe de forma puntual los datos necesarios que se deben conocer a acerca del Municipio, Localización, actividades económicas y aspectos ambientales

### **Análisis de la información:**

A partir de los datos obtenidos, se plantea la ruta para realizar un estudio descriptivo de la distribución espacial y temporal y de los virus del Dengue. Los casos reportados en la base de datos de SIVIGILA se localizaron espacialmente con la ayuda de un Sistema de Información Geográfica (SIG)

### **Análisis de densidad de casos:**

Explora la distribución de puntos o casos de los eventos, convirtiéndola en una superficie continua de riesgo para la ocurrencia, al definir un área específica, mostrando puntos donde existe mayor concentración de casos reportados, estos puntos revelan mayor o menor presencia de focos a nivel municipal.



- Optimizar el seguimiento y evaluación de las intervenciones.
- Racionalizar y optimizar los recursos disponibles y lograr la efectividad de las acciones en esta materia, propendiendo por la protección de la salud individual y colectiva (samper & Martínez, 1975)

**Sistemas de Información geográfica (SIG):** Es un grupo de factores específicos que posibilita a los usuarios finales crear consultas, integrar, analizar y representar de una forma eficaz cualquier tipo de información geográfica referenciada asociada a un territorio. La información geográfica será aquella que tiene algún componente espacial, es decir, una ubicación, y además, una información atributiva que nos detalle más sobre ese elemento en cuestión. La ubicación se precisan con el nombre de una vía por ejemplo, o con coordenadas espaciales.

La práctica de este tipo de sistemas facilita la visualización de los datos obtenidos en un mapa con el fin de revelar y relacionar fenómenos geográficos de cualquier tipo, desde mapas de vías hasta sistemas de identificación de parcelas agrícolas o de densidad de población. También, permiten llevar a cabo consultas y representar los resultados en entornos web, con el fin de solucionar problemas complejos de planificación y gestión, llegando a ser un valioso apoyo en la toma de decisiones.

**Aplicativos o software (SIG) utilizados con mayor frecuencia:**

**Tabla 1.** Software Comerciales para SIG

Nombre	Diseñador	Observaciones
ARCGIS	<p style="text-align: center;"><b>ESRI</b> <b>Environmental Systems</b> <b>Research Institute</b></p>	<p>ARC Gis es uno de los softwares más completos y utilizados en todo el mundo, este producto se ha diversificado en muchas formas y líneas de precios, incluye servicios de escritorio, servicios para aplicaciones móviles y versiones online.</p> <p>Realiza funciones de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Creación y visualización de mapas.</li> <li>Edición y administración de datos.</li> <li>Análisis avanzado de cartografía.</li> </ul>

		<p>Las aplicaciones básicas incluyen:</p> <p>Herramientas de edición.</p> <p>Herramientas de cartografía.</p> <p>Compatibilidad de alta gama de formatos.</p> <p>Herramientas de geoestadística.</p> <p>Herramientas de análisis espacial.</p> <p>(Environmental Systems Research Institute ESRI).</p>
Surfer	<b>Golden Software</b>	<p>Surfer es un programa para hacer mapas y trazar líneas de contorno en 3D compatible con Windows únicamente. De fácil manejo, permite realizar mapas con contorno, superficie, wireframe, vector, imagen y sombras.</p> <p>(Golden Software)</p>
MapInfo	<b>Pitney Bowes Business Insight</b>	<p>Las funcionalidades de MapInfo incluyen</p> <p>Detalles de mapeo.</p> <p>Identificación de patrones y tendencias.</p> <p>Extensivo análisis de información.</p> <p>Análisis Demográfico.</p> <p>Soporte de bases de datos remotos.</p> <p>(Pitney Bowes Business Insight)</p>

### **Software Libre:**

Los avances en la tecnología y las tendencias comerciales hacia la “gratuidad” de la información han permitido que diferentes programadores generen alternativas para el uso de herramientas SIG sin ningún costo:

**Tabla 2.** Software Libres 1

<i>Nombre</i>	<b>Diseñador</b>	<b>Observaciones</b>
<b>ILWIS</b>	<b>Faculty of Geo-Information Science and Earth Observation of the University of Twente-ITC</b>	<p>Algunas de las características que desarrolla ILWIS son:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Integración de diseño raster y vector</li> <li>2. Importación y exportación de datos en diversos formatos.</li> <li>3. Visualización en pantalla y tableta digitalizadora, una gama completa de herramientas de procesamiento de imágenes.</li> <li>4. Modelado avanzado y análisis de datos espaciales</li> <li>5. Visualización en 3D con la edición interactiva de los resultados visión óptima.</li> <li>6. Análisis Geoestadístico</li> <li>7. Producción y visualización de pares de imágenes estéreo.</li> <li>8. (Faculty of Geo-Information Science and Earth</li> <li>9. Observation of the University of Twente-ITC ) traducción autor epidemiológicos. (Centro para el control de</li> <li>10. enfermedades de Atlanta (CDC))</li> </ol>

**Tabla 3.** Software libre 2

<b>Nombre</b>	<b>Diseñador</b>	<b>Observaciones</b>
<b>SAGA GIS</b>	<b>Departamento of. Physical Geography, Göttingen</b>	Permite realizar funciones de: Análisis geomorfológicos, análisis hidrológicos, simulación, geoestadística y visualización 3d, entre otras aplicaciones.
<b>QGIS</b>	<b>Open Source Geospatial Foundation (OSGeo).</b>	Permite la visualización de información en los siguientes formatos: PostGIS, EsriShape File, vector y raster formatos soportados por las librerías la OGR y GDAL respectivamente. Permite realizar diferentes aplicaciones de mapeo y exploración de información espacial. (Open Source Geospatial Foundation (OSGeo). )

**Análisis espacial:**

El análisis espacial es una herramienta que permite la manipulación de un gran volumen de datos espaciales, tiene la capacidad de representar las características, dinámica y comportamiento de procesos que ocurren en el territorio ya sea sociales, económicos y/o ambientales; definiendo los elementos que los conforman y la manera en cómo éstos se relacionan, permitiendo así, transformar los datos en información que aporta sobre los procesos que ocurren en el espacio, con la finalidad de entender el entorno de una manera objetiva, aportando una representación simplificada del objeto de estudio. (Toche, 2016).

## **Distribución Espacial:**

Es el conjunto de entidades de un mismo tipo que al representarse de una determinada manera sobre el espacio geográfico. Estas pueden ser puntos, líneas o polígonos (áreas) con diferentes atributos asociados en sistema vectorial, o localizaciones dispersas que representan puntos y zonas con clases similares contiguas en sistema raster. Manchas de entidades geográficas puntuales pueden ser transformadas como áreas de diferente forma y extensión. Las transformaciones en el formato espacial de las entidades (de raster a vectorial y de vectorial a raster) en sistema SIG se realizan con motivo de buscar la mayor aptitud en el posterior Análisis Espacial. (Buzai, 2009)

Las diferentes características medidas en entidades de naturaleza espacial difícilmente se dividan de manera uniforme, por lo tanto, es habitual que las distribuciones que poseen concentraciones cambien de un sector a otro. Considerada como distribución puntual, esa mancha de entidades puede tener una forma espacial concentrada, aleatoria (sin un patrón definido) o regular (distribución uniforme, también considerada dispersa), figuras que pueden ser medidas a través de un análisis de vecindad. (Buzai, 2009)

Estimada como intensidad, cualquier variable puede ser distribuida en una zona de estudio en base a las técnicas típicas de la cartografía temática mediante la selección de intervalos de clase y como densidad, la distribución espacial podría ser apreciada (tomando como modelo la terminología estadística) como una frecuencia con la que estos hechos se reparten sobre el espacio geográfico (Buzai, 2009)

La metodología propuesta también aplica el Modelo gravimétrico, el cual permite estudiar la distribución espacial del dengue, mediante la interpolación espacial y la distancia inversa ponderada, se utiliza para proyectar la forma como varía el fenómeno con respecto a un punto de ocurrencia del evento, a continuación un glosario de conceptos necesarios para la comprensión de la metodología.

## **Modelo gravimétrico:**

La gravimetría es un actor importante en la definición de un sistema físico dependiente del campo de gravedad, dicho sistema permite a las diferentes comunidades el análisis de fenómenos globales asociados al campo de gravedad terrestre como lo son, las variaciones del nivel medio del mar redistribución de masas entre océanos, continentes y el interior terrestre, deformación de la corteza vertical entre otros. (Coddazzi, 2018)

La aplicación de los valores de gravedad con el proceso de nivelación geométrica, permiten el cálculo de números geopotenciales “C”, con este valor de “C” podemos hallar de diferentes maneras las alturas físicas (dinámicas, normales y orto métricas), teniendo en cuenta la aplicación de la gravedad normal. (Coddazzi, 2018).

De acuerdo con la resolución de la ONU, expedida el 26 de febrero del 2015, se promoverá el Marco de Referencia Geodésico Mundial (GGRF), para crear políticas de desarrollo sostenible de los países; (desarrollo urbano, desarrollo rural, transporte, construcción, ciencias de la tierra entre otras actividades.). La realización del GGRF, sirve para crear información geoespacial que permita a las comunidades científicas el estudio, prevención y mitigación de desastres naturales, monitoreo de cambios global, entre otras actividades. (Coddazzi, 2018)

Los valores de gravedad son aplicables también para la exploración minera, geofísica y la exploración petrolera. (Coddazzi, 2018)

La única limitación, que el método gravimétrico tiene es la de disponer de la altitud del punto de observación acorde con la precisión de la medida de gravedad. Que es la altitud el parámetro que impide una profusa observación de gravedad sobre la superficie terrestre debido a su elevado costo. Estas limitaciones han hecho que la gravimetría, como herramienta geofísica de determinación , de la estructura interna de la tierra se haya utilizado a nivel local en zonas de posible valor de recursos naturales y no de forma generalizadas para amplias zonas de la tierra. (Mezcua, GIL, & R, 1996)

## **Interpolación espacial :**

La interpolación espacial de datos es una parte de la geoestadística que se fundamenta en el cálculo de los valores desconocidos de una variable espacial a partir de otros valores cuyo valor es conocido, este cálculo es uno de los principales análisis geoestadísticos que se llevan a cabo cuando se va a trabajar con datos espaciales y modelos predictivos. (Muelas, 2020)

Un ejemplo es la generación de mapas continuos de temperatura para un territorio. Obviamente no existen infinitas estaciones meteorológicas que permitan conocer el valor exacto de temperatura en cualquier punto de dicho territorio.

Para ello se lleva a cabo el proceso de interpolación espacial. Se utilizan los valores de temperatura de la red de estaciones de medición y se realiza una estimación del valor para el resto del territorio donde no existen estaciones de medición. (Muelas, 2020)

El resultado obtenido mediante el proceso de interpolación se conoce habitualmente por el nombre de superficie estadística, una superficie continua con valores interpolados a partir de otros conocidos. (Muelas, 2020).

## **Modelo de interpolación : Distancia inversa ponderada**

La interpolación mediante distancia inversa ponderada determina los valores en puntos diferentes al de ocurrencia a través de una combinación ponderada linealmente de un conjunto de puntos de muestra, en la que la ponderación es una función de la distancia inversa.

## **Modelo de interpolación : Mapa de calor**

Los mapas de calor son una de las mejores herramientas de visualización para datos de puntos densos, también conocido como mapas Heatmap, esta técnica de interpolación es muy útil para determinar la densidad de las características de entrada. (Noriega, 2019)

Los mapas de calor se usan comúnmente para visualizar datos de delitos, incidentes de tráfico, densidad de viviendas, zonas de concentración de clientes potenciales etc. (Noriega, 2019)

Además, permiten mostrar de un modo intuitivo y rápido los patrones de distribución de un fenómeno, es decir, las zonas donde aparece el evento y la intensidad que se concentra. A las zonas con un mayor nivel de concentración se conocen como “Puntos calientes”. (Noriega, 2019)

Para elaborar los mapas de calor se necesitan datos puntuales, estimando el número de puntos que se encuentran dentro del área focal o de búsqueda, cuanto mayor sea el número de puntos que se localizan dentro del radio de búsqueda (“ancho de banda del Kernel”) mayor será el valor de densidad para una celda dada del Raster de salida. (Noriega, 2019)

El área focal o de búsqueda se establece en torno a cada punto. La función estima un valor de densidad de 1 en la proximidad del punto y su valor va disminuyendo a medida que se aleja de este hasta minimizarse en el límite de búsqueda. En aquellas celdas donde se produce el solapamiento de varios radios de influencia, la estimación del valor de densidad para dichas celdas del Raster se obtiene mediante adicción. (Noriega, 2019)

## **Marco normativo**

El municipio de Pitalito desarrolla diferentes actividades económicas, tales como agricultura, comercio, prestación de servicios, entre otras; la gran mayoría de estas actividades económicas son fuente principal de vertimientos y de manejo inadecuado de residuos sólidos, desafortunadamente no se cuentan con una supervisión constante por parte de las autoridades ambientales, para controlar dicha contaminación, por ende, estos factores son fuente favorable de criaderos de mosquitos, lo anterior se basa en estudios recientes que han demostrado que las larvas se desarrollan en aguas con alto contenido de materia orgánica, como fosas sépticas, y han sugerido que estos hábitats contribuyen significativamente a mantener la transmisión del dengue en Puerto Rico (Barrera et al. **2008**). (Efectos de la escasez y el exceso de alimento larvario sobre los rasgos del ciclo vital de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae), 2018)

También, se realizó un estudio sobre **Zanja de aguas negras como criadero de *Stegomyia aegypti*. Aspecto entomológico para considerar en el control de la especie**, publicado por la revista Scielo, donde se reporta la presencia de *Stegomyia aegypti*, importante vector del dengue/dengue hemorrágico en un depósito raro, una zanja con vertimiento de aguas negras extremadamente poluida. Este hallazgo al parecer es el resultado de condicionantes desfavorable en el interior de las viviendas debido a las intensas y extensivas jornadas de tratamiento focal y adulticida ejecutadas en todo el universo urbano atendido por el policlínico. (Diéguez Fernández, Cabrera Fernández Sonia María, Hidalgo León, Zamora Velasco, & Mena Monte, 2018)

Con base en lo anterior, el marco normativo aplicable a las acciones realizadas durante la ejecución del proyecto está motivado y fundamentado básicamente en los siguientes lineamientos mencionados:

**Tabla 4.** Tabla marco normativo.

<b>ELEMENTO</b>	<b>TEMA</b>	<b>NORMA</b>	<b>RESUELVE</b>
<b>Norma constitucional</b>	Constitución política de Colombia	Artículo 4	<p>La atención de la salud y el saneamiento ambiental son servicios públicos a cargo del Estado. Se garantiza a todas las personas el acceso a los servicios de promoción, protección y recuperación de la salud.</p> <p>Corresponde al Estado organizar, dirigir y reglamentar la prestación de servicios de salud a los habitantes y de saneamiento ambiental conforme a los principios de eficiencia, universalidad y solidaridad. También, establecer las políticas para la prestación de servicios de salud por entidades privadas, y ejercer su vigilancia y control. Así mismo, establecer las competencias de la Nación, las entidades territoriales y los particulares, y determinar los aportes a su cargo en los términos y condiciones señalados en la ley.</p>

<b>Salud</b>		Decreto 780 del 2016	Decreto Único Reglamentario del Sector Salud y Protección Social.
<b>Agua</b>	Uso eficiente y manejo del agua	Ley 373 de 1997	Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua.
		Decreto 4728 de 2010	Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 3930 de 2010. Regula el uso, conservación y preservación del agua y la prevención y control de su contaminación.
<b>Desarrollo territorial</b>	Uso del suelo	Decreto 2811 de 1974	Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.
		Decreto 2462 de 1989	Por el cual se reglamenta parcialmente el Código de Minas y el Decreto 507 de 1955 incorporado a la Legislación Ordinaria para la Ley 141 de 1961.
		Ley 388 de 1997	Por la cual se modifica la Ley 9 de 1989, y la Ley 2 de 1991 y se dictan otras disposiciones.
<b>Residuos Sólidos</b>	Gestión integral de residuos sólidos	Decreto 838 de 2005	Por el cual se modifica el Decreto 1713 de 2002 sobre disposición final de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones.

		Resolución 1045 de 2003	Por la cual se adopta la metodología para la elaboración de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos, PGIRS, y se toman otras determinaciones.
		Ley 1259 de 2008	Gestión Integral de Residuos Peligrosos
	Disposición de residuos solidos	Decreto 838 de 2005	Por el cual se modifica el Decreto 1713 de 2002 sobre disposición final de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones.
	Riesgos laborales	Ley 9 de 1979	Establece normas con el objeto de preservar, conservar y mejorar la salud de los individuos en sus ocupaciones, las cuales son aplicables en todo lugar de trabajo y a toda clase de trabajo, cualquiera que sea la forma jurídica de su organización o prestación, regulan las acciones destinadas a promover y proteger la salud de las personas.
	Vivienda, higiene y seguridad en los establecimientos de trabajo	Resolución 2400 de 1979	Establece el Estatuto de Seguridad Industrial imponiendo disposiciones sobre vivienda, higiene y seguridad en los establecimientos

<b>Seguridad industrial y Salud ocupacional</b>	Seguridad en la utilización de productos químicos	Decreto 1973 de 1995	Por el cual se promulga el Convenio 170 sobre la Seguridad en la utilización de los productos químicos en el trabajo, adoptado por la Conferencia General de la Organización Internacional del Trabajo el 25 de junio de 1990.
	Salud de los trabajadores en sus ocupaciones	Ley 1122 de 2007	Por la cual se hacen algunas modificaciones en el Sistema General de Seguridad Social en Salud y se dictan otras disposiciones
	Comités de medicina, higiene y seguridad laboral en el sitio de trabajo	Ley 1562 de 2012	Por la cual se modifica el Sistema de Riesgos Laborales y se dictan otras disposiciones en materia de Salud Ocupacional.

Fuente: Elaboración propia

## **Resultados.**

### **VARIABLES O DATOS AMBIENTALES, ESTADÍSTICOS Y EPIDEMIOLÓGICOS QUE SE REQUIEREN PARA REALIZAR EL ANÁLISIS.**

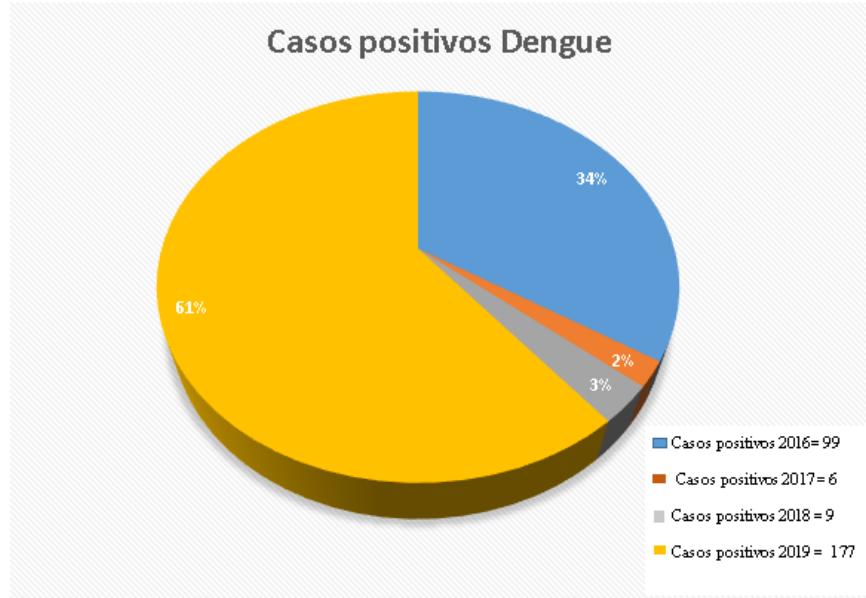
Las variables y condicionantes ambientales que directamente contribuyen a la proliferación del virus del dengue en el Municipio de Pitalito, son la temperatura, altitud, precipitaciones. Lo anterior hace parte de los factores físicos que condicionan la supervivencia y proliferación del mosquito, este enunciado se explicara en detalle más adelante.

Teniendo presente, que Pitalito tiene clima húmedo con variaciones térmicas durante todo el año, predominando así el clima templado entre unos 18 a 21 °C. Hacia la mitad del año en los meses de mayo, junio y julio se presenta un periodo húmedo moderado, alcanzando así temperaturas hasta de 12 a 14 °C. (Marin Silva , Trujillo Muñoz, & Perdomo Florez, 2013)

La inadecuada disposición de neumáticos y desechos plásticos que permanecen en el medio ambiente por largos periodos de tiempo sin ser degradados, las botellas principalmente de cervezas que se encuentran expuestas en los solares de las viviendas, se convierten en criaderos de mosquitos, que almacenan agua durante los periodos de lluvia y son fuente potencia, para la proliferación del vector.

### **Comportamiento estadístico de los casos de dengue en Pitalito.**

El 75% del territorio nacional situado hasta una altitud de 1.800 metros con adecuadas condiciones de temperatura, humedad relativa y pluviosidad, registra transmisión endémica urbana de dengue en Colombia. Esta se distribuye en 620 municipios endémicos, entre ellos Pitalito, con aumentos de casos positivos entre el 2016 al 2019, cabe resaltar que la información registrada por la página Sivigila para los años 2017 y 2018, presenta la totalidad de casos, mas no está georreferenciados, es decir no cuentan con la dirección.



**Gráfico 1.** Casos positivos de Dengue - Pitalito Huila

**Tipo de datos que se deben recolectar para elaborar el análisis:**

Los datos que se deben recolectar son informes estadísticos, que se obtienen a través de la página web del Sivigila (Sistema Nacional de Vigilancia en Salud Pública), en el cual se evidencien los casos de dengue notificados, positivos y confirmados, para lo anterior es necesario que la base de datos recolectada contenga la siguiente información :

1. Fecha de inicio de síntomas.(Dia / mes /Año)
2. Sexo y edad del paciente.
3. Dirección de residencia del paciente; siendo la dirección la variable **INDISPENSABLE** para georreferenciar la información.
4. Casos confirmados de dengue por comunas, es decir, la distribución geográfica del Municipio de Pitalito (Este, Oeste, Norte, sur) con el fin de clasificar y sectorizar los casos reportados, para facilitar esta información, es impórtate visitar las diferentes entidades de salud del Municipio.
5. Factores sociales, específicamente se hace referencia a la densidad de la población, es decir Incremento poblacional, migraciones, urbanización descontrolada, viviendas con desagües obstruidos por desechos,

reservorios de aguas almacenada por más de 8 días, ausencia de abastecimiento de agua corriente individual, disponibilidad intermitente y uso de depósitos destapados, periodos inactivos en viviendas, estilo de vida de las personas y desconocimiento acerca del dengue.

6. Factores económicos: Hace parte de este factor, los índices de Pobreza de la población, las malas condiciones de las viviendas, la inequidad, desempleo, suministro insuficiente de agua potable e inadecuada eliminación de aguas residuales y Falta de una vacuna eficiente y accesible que produzca una inmunidad de larga duración y que sea accesible en costos para la población. (Kouri, Peregrino, Munster, & Guzman, 2007)
7. Factores Culturales: Se destaca el bajo nivel educacional dado a que enfermedades como el dengue presenta mayor impacto en poblaciones de bajos recursos, existiendo mayor probabilidad de condiciones para la presencia de criaderos del vector. Además, este bajo nivel escolar es consecuente por lo general con el desconocimiento acerca de la enfermedad, es decir en la Baja percepción de riesgo del dengue, Sin educación y cultura es imposible percibir el riesgo y con hambre es imposible priorizar las actividades de prevención y control, cuando el objetivo primario de la población es la subsistencia. (Kouri, Peregrino, Munster, & Guzman, 2007)
8. Factores Políticos: Voluntad y decisión política. La decisión por parte del gobierno de la asignación de fondos y de la organización de una estructura con personal idóneo para la vigilancia y el control de la enfermedad y su vector. En América Latina la violación de este principio es una de las principales causas de la grave situación que se presenta en la mayoría de los países, al haber reacción solo al producirse epidemias y ocurrir casos fatales. No es infrecuente el que en algunos países se tenga la voluntad política y la asignación de fondos sea desviada por funcionarios y no llega a su destino. (Kouri, Peregrino, Munster, & Guzman, 2007).

De igual forma, es esencial recolectar información de factores ambientales, que influyen en la aparición de los casos de dengue **¿te preguntarás por qué?**, La respuesta, es que tienen una gran repercusión sobre la salud humana y se clasifican así:

- **Biológicos** (bacterias, virus, protozoarios, toxinas, hongos, alergenicos).
- **Químicos orgánicos e inorgánicos** (metales pesados, plaguicidas, fertilizantes, bifenilos, policlorados, dioxinas y furanos).
- **Físicos no mecánicos** (ruido, vibraciones, radiaciones ionizantes y no ionizantes, calor, iluminación, microclima) o **mecánicos** (lesiones intencionales, no intencionales y autoinflingidas),
- **Psicosociales** (estrés, tabaquismo, alcoholismo, conductas sexuales riesgosas, drogadicción y violencia). (Romero Placeres, Álvarez Toste, & Álvarez Pérez, 2007)

Estudios internacionales ubican a los factores ambientales con una contribución relativa de la mortalidad total de un país cercana al 20 %. En el Informe Lalonde (1974) se le atribuyó una determinación del 19 %, Alan Dever en 1980 le atribuyó una contribución del 21,7 %, y Mc Ginnins en el 2002 le atribuyó 20 %. Una reciente publicación que aborda los problemas de salud de los niños en el nuevo milenio refiere que la carga global de enfermedad en menores de 15 años, se encuentra asociada a factores ambientales en 90 % de los casos de las enfermedades diarreicas agudas (EDA) y la malaria, en 60 % de las infecciones respiratorias agudas (IRA), en 30 % de los accidentes y lesiones, y en 25 % de los casos de cáncer (Romero Placeres, Álvarez Toste, & Álvarez Pérez 2007)

Lo anterior, se debe a que la interrelación dinámica de los factores ambientales con el ser humano, bien sean generados por factores naturales o antropogénicos, pueden influir de forma negativa en la aparición de enfermedades infecciosas cuando están relacionados con agentes biológicos, o enfermedades no infecciosas, cuando se relacionan con agentes químicos o físicos, todos bajo condiciones sociales, económicas y conductuales determinadas. (Romero Placeres, Alvares Tost7e, & Álvarez Pérez, 2007)

Ahora bien, los factores ambientales que influyen directamente en la aparición del virus del dengue son: temperatura, humedad, aguas estancadas y residuos sólidos, esta información se puede encontrar en la CAM (Corporación autónoma regional del Ato Magdalena), paginas como el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), oficina de gestión del riesgo de la alcaldía y oficina de planeación.

A continuación se describen los Factores ambientales más significativos que favorecen la proliferación del virus en Pitalito Huila:

**Temperatura:** La temperatura afecta directa e indirectamente con la transmisión y ciclo de vida del mosquito, hasta la relación seguida 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. Se ha demostrado una simetría entre la temperatura y la humedad relativa con la ovoposición, donde un aumento en la temperatura crítica mínima (más de 10 ° C) se asocia con un aumento en la actividad de ovoposición (Márquez Benítez, Monroy Cortés, Martínez Montenegro, Peña García, & Monroy Díaz, 2018-2018) tres semanas después; por el contrario, no se ha encontrado presencia de huevos cuando la temperatura desciende por debajo de 10 ° C. Además, se ha descrito poca actividad de ovoposición del mosquito durante los inviernos secos, mientras que ha sido mayor durante la temporada de lluvias. La influencia de la temperatura sobre la duración de vida de los distintos estados es evidente: Temperaturas mayores a 31 °C aceleran su envejecimiento y por lo tanto, su mortalidad, lo que acarrea un menor tiempo de infección, mientras que con temperaturas menores de 21°C el desarrollo y tiempo de vida del mosquito serán más largos, teniendo la oportunidad de infectar por mucho más tiempo. Por lo tanto, la variación de temperatura puede influir en acortar o alargar la vida media del vector aumentando o no la probabilidad de transmisión del virus. La altitud va de la mano con la temperatura, por esta razón no es tan influyente en el momento de proliferar. La calidad del aire no es problema de estos insectos, pues su gran mayoría viven en hogares compartidos con los humanos. (Márquez Benítez, Monroy Cortés, Martínez Montenegro, Peña García, & Monroy Díaz, 2018-2018).

- **Precipitaciones:** Factor como la precipitación y el grado de humedad de las regiones también son importantes para la reproducción y supervivencia del mosquito, además de la altura ya que como se ha descrito anteriormente es endémico en zonas por debajo de los 1800 msnm, el Municipio de Pitalito tiene una variación considerable de lluvia mensual por estación, Llueve durante el año, cae durante los 31 días centrados alrededor del 11 de noviembre, con una acumulación total promedio de 138 milímetros. La temporada de lluvia es ideal para el aumento del mosquito transmisor, pues los criaderos se dan en agua estancada, recipientes como latas vacías, tinacos sin tapa, llantas y hasta en floreros.
- **Sectores de aguas estancadas:** en la época de invierno también se producen inundaciones, hay incremento de criaderos, contaminación del agua y esto también permite la aparición de la enfermedad en la población. (Márquez Benítez, Monroy Cortés, Martínez Montenegro, Peña García, & Monroy Díaz, 2018-2018)

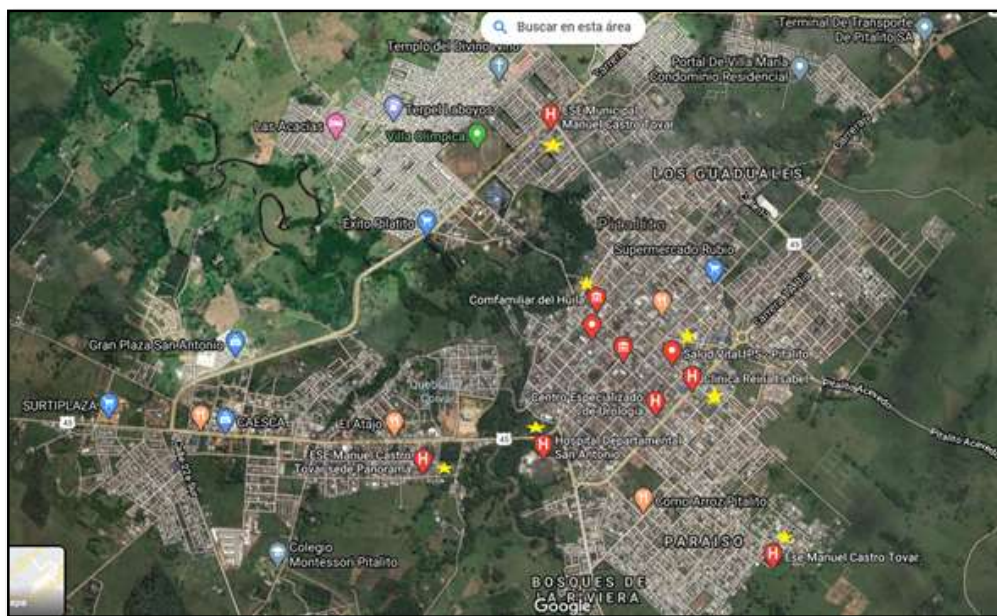
### **Proceso de recolección de información.**

Se pueden encontrar eventos de carácter Individual y Colectivo, notificados de manera Inmediata o Rutinaria (semanal) dependiendo la configuración del evento. Una vez se determina el evento, debe registrarse para su posterior consolidación en la Ficha Única de Notificación que cuenta con dos caras: una de datos básicos (común para todos los eventos) y otra de datos complementarios (específica para el evento). Algunos eventos cuentan con una cara adicional que se diligencia en el laboratorio.

Luego, se digitalizan los datos transcribiendo las fichas de notificación en el Sistema de Información SIVIGILA y por último se generan los archivos planos que contienen los eventos que se captaron en la UPGD / Unidad Notificadora durante el transcurso de una semana epidemiológica.

## Entidades prestadoras de salud que brindan atención a los casos de dengue en el Municipio de Pitalito.

El municipio de Pitalito cuenta varias entidades prestadoras de salud en el casco urbano como lo son: Clínica Reina Isabel, Samat IPS, Hospital departamental San Antonio, ESE Manuel Castro Tovar sede Cálamo y Panorama, EPS Sanitas, Medimás EPS, Comfamiliar del Huila y Salud Vital IPS, las EPS, IPS y ESE prestan la atención a casos de dengue, dependiendo la severidad del caso (ambulatorio) si es caso hospitalario será atendido en la clínica Reina Isabel o en el hospital departamental San Antonio



*Figura 1. Entidades prestadoras de salud en Pitalito Huila.*

*Fuente: Google Maps*

## Herramienta humanas, físicas y digitales que se requieren para el procesamiento de la información.

- Recurso humano:

Para la elaboración del análisis se necesitan dos (2) profesionales en Ingeniería ambiental, Un (1) ingeniero especialista en sistemas de información geográfica, Un (1) Biólogo especialista en epidemiología, un (1) profesional en las tecnologías de la información y la comunicación y un equipo de tres (3) técnicos que recolecten y

procesen la información, para posteriormente los profesionales puedan realizar el análisis

**Herramientas físicas y digitales:**

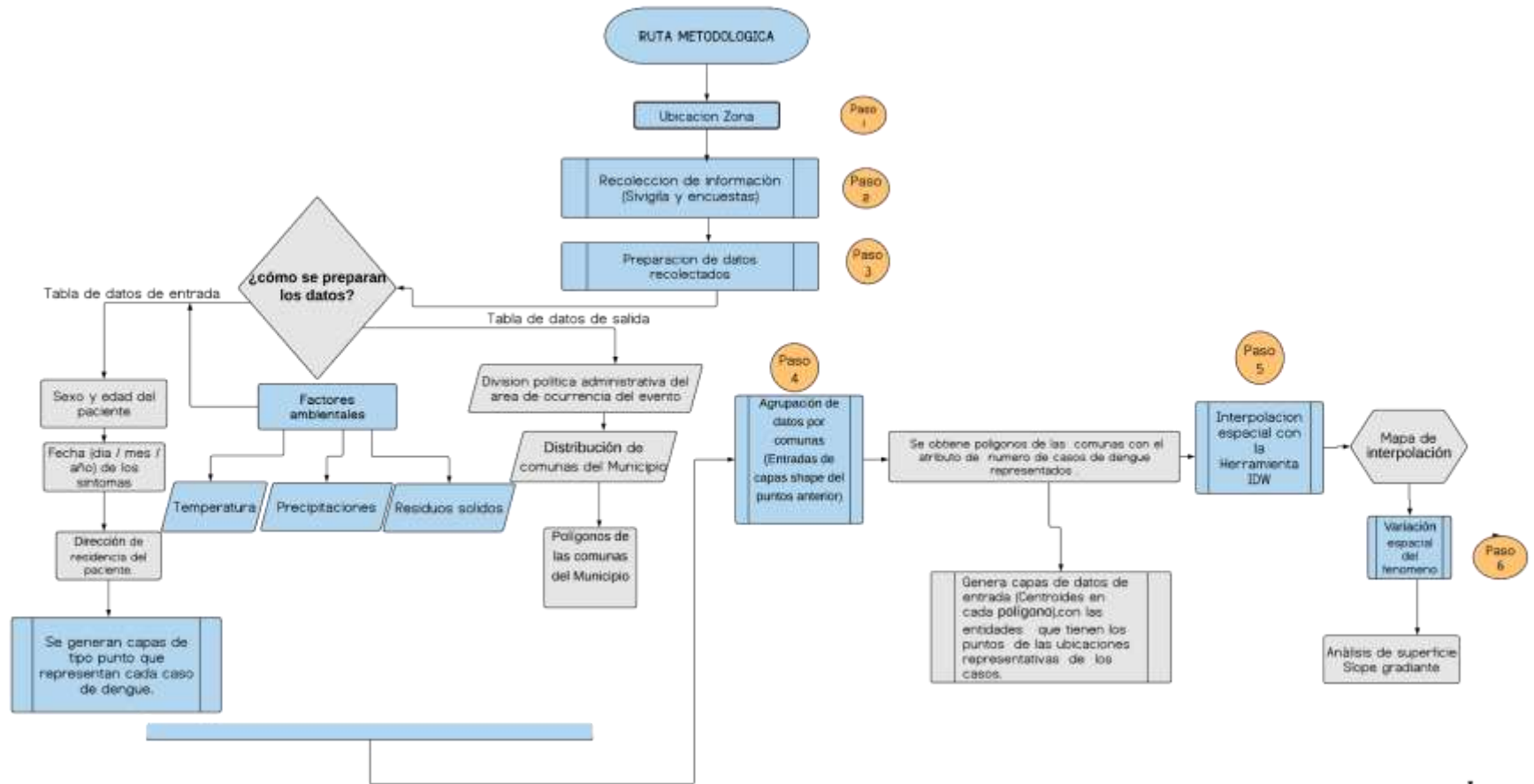
**Tabla 5.** lista de Herramientas físicas y presupuestos

Ítem	Elemento	Cantidad	Unidad de medida	Valor\$
1	Portátiles	7	Und	8.400.000
2	Procesador Intel Intel Core i7	1	Und	4.000.000
3	GPS	3	Und	450.000
4	Software especializado	1	Und	200.000
5	Papelería	Varios*	Und	300.000
6	Impresora	1	Und	650.000
7	Servicio de internet	3	Meses	300.000
	Escritorios	8	Und	3.200.000
8	Arriendo oficina	3	Meses	1.500.000
9	Celulares corporativos	4	Und	2.000.000
10	Auxilio de rodamiento	9	Mes	1.800.000
<b>Suma Total \$</b>				22.800.000

Fuente: Elaboración Propia.

Se evidencia en la tabla 6, una guía que estima los principales gastos para tener en cuenta, en el momento de implementar un análisis de dimensión espacial asociado al virus del dengue; el presupuesto proyectado es aproximado y puede variar de acuerdo con la población objetiva, intenciones, alcance y objetivos del proyecto de quienes implementen la ruta metodológica propuesta.

**Ruta metodológica para realizar el análisis de la distribución espacial de casos con las condiciones medio ambientales.**



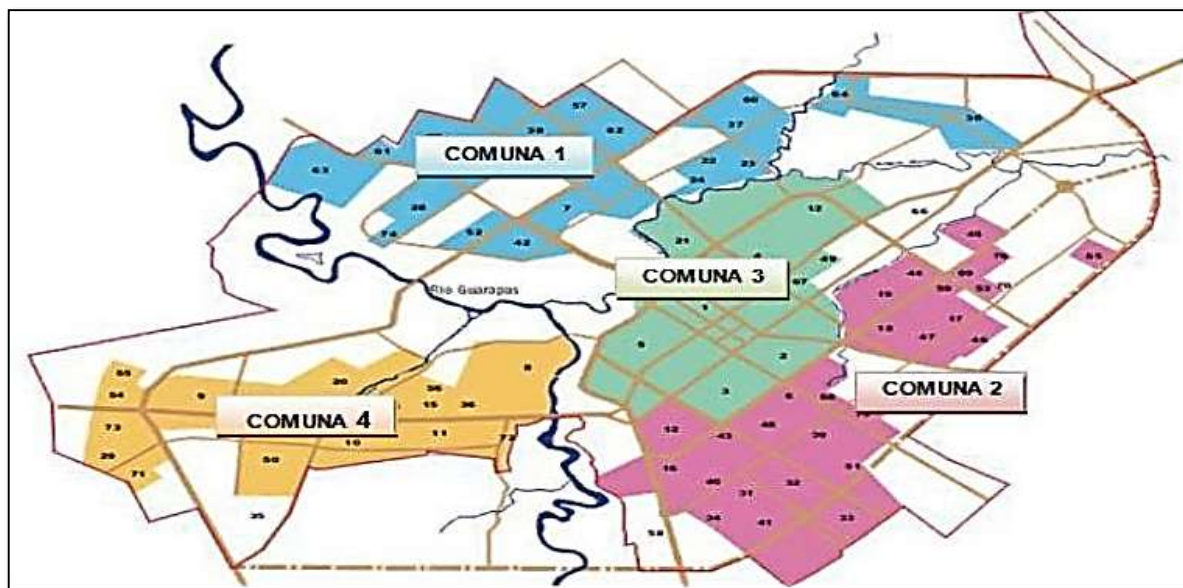
**Figura. 4** Ruta Metodológica de Distribución espacial, asociado al virus del dengue.

Fuente: Elaboración propia.

## Pasos para aplicar el diseño metodológico propuesto, asociado al virus del dengue en el Municipio de Pitalito.

### Paso 1: Zona de Estudio

La zona urbana del Municipio de Pitalito es la escogida como prueba piloto para la aplicación del diseño metodológico.



**Figura. 5** Casco Urbano Municipio de Pitalito

Fuente: Secretaría de Planeación Municipal, 2010

### Geografía Física del Municipio

Pitalito se ubica al sur del Departamento del Huila sobre el valle del Magdalena y en el vértice que forman las cordilleras central y oriental a 1.318 mts sobre el nivel del mar, a 188 Km de la Capital del Huila Neiva y a 485,4 Km de Bogotá. Es considerado la Estrella Vial del Sur colombiano por su localización estratégica, que permite la comunicación con los Departamentos vecinos del Cauca, Caquetá y Putumayo.

## Demografía:

- **Población total:**

La población de Pitalito en el año 2013, de acuerdo con las estimaciones del Dane, es de 121049 habitantes, de los cuales el 49.8% (60111) son hombres y el 50.2% (60938) son mujeres.

- **Densidad poblacional por kilómetro cuadrado:**

Pitalito cuenta un área de 185 Kilómetros cuadrados, está distribuido por zonas, tiene 4 comunas y 8 corregimientos.

- **Población por área de residencia urbano/rural:**

Según la proyección poblacional del año 2018 la población para el Municipio de Pitalito es de 133.205 habitantes de los cuales el 59.18% habitan en el área urbana y el 40.80% en el área rural, por otra parte el 66.111% de la población son hombres y el 67.094 son mujeres para una razón de femineidad de 1 a 1.

**Tabla 6.** Población por área de residencial Pitalito 2018.

MUNICIPIO	Población Cabecera Municipal		Población rural		Población total	Grado de urbanización
	Población	Porcentaje	Población	Porcentaje		
	78,837	59,18%	54,368	40,80	133.205	59,18%

*Fuente: DANE - Proyecciones de población - 2018.*

De acuerdo con la tabla anterior, se deduce que el grado de urbanización del Municipio de Pitalito es del 59,18%, siendo esta la población objetiva para el análisis de dimensión espacial, asociado al virus del dengue.

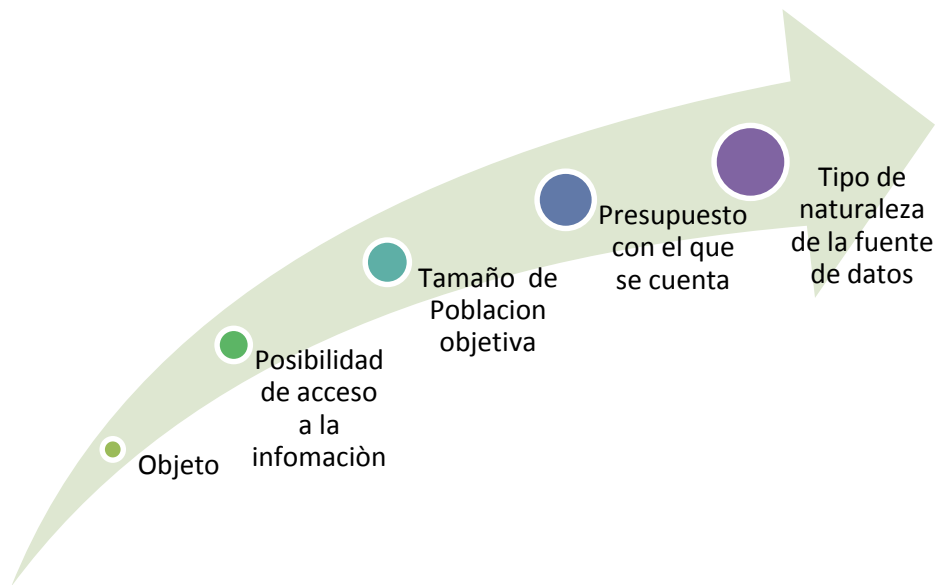
- **Entorno climático.**

Su clima es húmedo con variaciones térmicas durante todo el año, predominando así el clima templado entre unos 18 a 21 °C. Hacia la mitad del año en los meses de mayo, junio y julio se presenta un periodo húmedo moderado, alcanzando así temperaturas hasta de 12 a 14 °C; este entorno climático es propicio para generar condiciones que favorecen la presencia, sobrevivencia y trasmisión del dengue, afectando la totalidad de la población del Municipio.

### **Paso 2. Recolección De La Información**

Para hacer la recolección de los casos de dengue, se recomienda visitar como primera opción la página del Sivi (Sistema Nacional de Vigilancia de salud Pública), dado a que allí se encuentran datos confiables sobre la ocurrencia y diagnóstico de enfermedades de salud pública, debido las UPGD ( Unidades Primarias generadoras de datos), actualizan y cargan la información de forma semanal.

En el momento de recolectar información para el análisis, se debe tener en cuenta seis puntos importantes que se ilustran a continuación:



**Figura:** 2 Pasos para recolectar información

### **¿Qué hacer en caso de no encontrar la suficiente información?**

Es posible que al iniciar la búsqueda de información, para saber qué datos recolectar, no esté disponible o esté de forma incompleta; Se recomienda herramientas técnicas cualitativas como Entrevistas, encuestas, diarios de campo, historias de vida, grupos focales.

La recomendación ideal, es realizar encuestas a la población, en las cuatro comunas del municipio, priorizando los barrios con mayor número de eventos de dengue. En caso de seleccionar la opción encuesta, se recomienda visualizar el documento “**Conocimientos, Actitudes y Prácticas sobre Dengue en Dos Barrios de Bucaramanga, Colombia**” de la revista salud Pública, contiene información importante sobre la Encuesta realizada, en dos barrios de alta incidencia de dengue en Bucaramanga, mayo de 2007, mediante visita domiciliaria. Se identificaron criaderos y se brindó educación sobre prevención y control. La información fue analizada en EPI-INFO, lo anterior con el fin de obtener la ruta adecuada de crear una encuesta, (Caceras Manrique, Vegas Gómez, Perea Flórez, Ruitort, & Talbot, 2009).

En el apartado de anexos, de este documento se encuentra un modelo de encuesta muy práctico, para implementar, en caso de que se requiera conseguir información desde cero.

### **Paso 3. Preparación de datos recolectados**

El paso tres como se indica; tiene como propósito preparar los datos de dengue de los diferentes años de estudio seleccionados, que se obtuvieron de las diferentes plataformas como el Sivigila y entidades de salud, este paso se compone de dos entradas y un proceso. La primera entrada son los casos de dengue, se debe elaborar una tabla con todos los atributos, sexo, edad, fecha de inicio de síntomas, factores ambientales, como temperatura, humedad relativa y aguas estancadas, un dato esencial son las coordenadas de los casos de dengue, específicamente la dirección de residencia, dado a que es la variable necesaria para geo codificar la información y el mes de la fecha de inicio de síntomas, el atributo por el cual se realiza el filtro de la información. De lo anterior se obtienen capas tipo de punto, en las que cada una, representa un caso de dengue; y es la fuente primaria para los análisis espaciales. La segunda entrada es la división político-administrativa del área de ocurrencia de los eventos, la cual cuenta con cuatro 4 comunas, esta información se representa por medio de polígonos, siendo la base principal de la zona de análisis.

Los programas que utilizamos para los diversos (SIG) (GRASS, ArcInfo, Mapinfo, Geomedia, etc.) se pueden incluir diversos conjuntos de modelos y múltiples algoritmos donde se pueden complementar o alternar, causando una organización normal de forma modular, ya que los (SIG) se desarrollaron en entornos UNIX para facilitar el manejo o al momento de usarlo. Igualmente, debe tener en cuenta que limitar un proyecto de SIG a un programa no es lo más importante, ya que la importancia está en conocer los datos y no el programa en sí.

Con esto debemos tener en cuenta que no hay ningún problema al momento de utilizar diferentes programas o en forma combinada. Tradicionalmente se han utilizado programas de CAD para digitalizar, paquetes estadísticos para el análisis de datos, programas de gestión de bases de datos no espaciales (DBMS), etc. de forma complementaria a los programas de gestión de (SIG). La información requerida va a

estar determinada por el tipo de módulos que se van a utilizar y el volumen (número y tamaño de los ficheros) de la información recolectada. La potencia informática es un riesgo menor donde los computadores u ordenadores tienen la capacidad de manejar grandes cantidades de datos sin consecuencias o problemas.

Por otro lado, trabajar con programas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) donde hay que hacerlo desde cero llegan a consumir mucho tiempo, por lo tanto, es necesario tener en cuenta los recursos humanos y que tengan la capacidad adecuada desde su formación profesional para que pueda contar el proyecto.

Al momento de adquirir dichos programas (SIG) se hacen ciertos criterios de potencia y completitud, donde no se llega a tener en cuenta los escasos o por no decir la casi nula preparación de los usuarios del mismo, a los que en muchos casos ni siquiera se ha consultado.

Por lo tanto, se lleva a cabo la respectiva realización de recolección y preparación de los datos obtenidos mediante solicitudes a los respectivos centros de salud del municipio de Pitalito - Huila para el periodo 2019 – 2020, donde nos permite reconocer ciertos datos de personas que se han infectado por:

- Tipo de virus.
- Edad.
- Genero.
- Estrato socioeconómico.
- Lugar de residencia (Dirección).
- Con ayuda de la información mencionada se establecen zonas críticas de acuerdo con la tasa de infectados por los vectores del *Aedes aegypti* y de los flebótomos.

#### **Paso 4. Agrupación de datos**

Los datos son agrupados en 4 comunas que tienen el municipio, como entradas la capa (*shape*) de puntos obtenida en el componente anterior y los polígonos de las comunas; con estos se hace la asociación de los dos conjuntos, los cuales tienen distintos objetos con

diferentes geometrías; por lo tanto, en este proceso se unen los atributos de una entidad con otra, basada en la relación espacial.

Las formas de destino y los atributos fusión de las entidades de unión, se escriben en la clase de entidad de salida; obteniendo como resultado para este caso, polígonos de comunas y corregimientos con el atributo de número de casos de dengue presentados. Esta última capa es el dato de entrada para crear la entidad que contiene los puntos, generados a partir de las ubicaciones representativas de las entidades de entrada, con los cuales se obtienen los centroides en cada polígono que serán los datos de entrada para el s proceso del idw.

### **Paso 5. Interpolación espacial**

Se explora la distribución de puntos o casos de los eventos, convirtiendo ésta en una superficie continua de riesgo para la ocurrencia, al fijar un círculo de radio de 1 km, por ser una técnica exploratoria inicial no realiza el cálculo de prevalencias ni ningún tipo de ajuste. La interpolación mediante distancia inversa ponderada precisa los valores en puntos opuestos al de ocurrencia a través de una composición ponderada linealmente de un conjunto de patrones (puntos), en la que la ponderación es una función de la distancia inversa.

Se efectúa la interpolación espacial con la herramienta IDW, para la cual el dato de entrada serán los puntos obtenidos en el componente anterior con su atributo de número de casos como variable a interpolar.

La función de interpolación espacial idw está dada por la siguiente ecuación:

$$\hat{Z}(S_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(S_i)$$

En que  $\hat{Z}(S_0)$  es el valor que se pretende predecir para la zona  $S_0$  como el valor ponderado de los valores vistos,  $N$  es el número de puntos muestrales,  $\lambda_i$  es el peso ponderado determinado a cada punto muestral y  $Z(S_i)$  es el valor observado del lugar

$S_i$ . Los pesos  $\lambda_i$  se computan con una función inversa a la distancia mediante la siguiente ecuación:

$$\lambda_i = \frac{d_{io}^{-p}}{\sum_{i=1}^N d_{io}^{-p}}$$

En la cual  $d_{io}$  es la distancia entre el lugar de predicción ( $S_o$ ) y el lugar muestral ( $S_i$ );  $p$  es un parámetro de disminución de peso, cuyo valor se halla minimizando el error cuadrático medio o error de predicción, para efectos prácticos  $p=2$ .

Por último, en el componente D se realiza el análisis de las zonas de mayor variabilidad con el modelo gradiente. A continuación, se analizan los mapas obtenidos donde se buscan patrones de conducta y se observa cuáles son los sitios con mayor variabilidad del fenómeno en estudio.

Para el cálculo del gradiente (Slope), se tienen en cuenta las variaciones de la variable en relación con las coordenadas X/Y. La siguiente ecuación muestra la relación de las variables utilizadas en el cálculo:

$$\text{gradiente} = \text{Tang}^{-1} \left( \sqrt{\left[ \frac{dz}{dx} \right]^2 + \left[ \frac{dz}{dy} \right]^2 * 100} \right)$$

En la ecuación anterior, la expresión  $(dz/dx)$  representa la variabilidad del objeto de estudio  $z$  en la dirección  $x$  (este-oeste), y  $(dz/dy)$  en la dirección  $y$  (norte-sur). Las unidades de la expresión anterior están dadas en porcentaje.

### **Información necesaria para elaborar el mapa en (SIG), en el software Qgis.**

Sin importar el tipo de mapa que se quiere hacer, su construcción tiene que ser progresivamente, acatando varias etapas de reflexión para garantizar su eficacia, validez y pertinencia.

El mapa es un elemento gráfico que transmite un mensaje. No es conveniente colocar toda la información de una vez, Lo más adecuado, es que se proyecte un mensaje preciso, en general, para un solo producto de análisis, Para esto, lo mejor es hacer una lista de las ideas donde se seleccione las mejores, evitando la redundancia.

La finalidad del mapa es Fijar la escala y la naturaleza del espacio mapificado. La escala y el nivel de la información espacial tienen incidencia en la propiedad de los objetos geográficos y en la probabilidad de analizarlos. Estas dos características tienen que ser adaptadas al objetivo general de la investigación. En relación con el objetivo y la escala información se puede construir el mapa determinando los tipos de mapas posibles.

Los parámetros originarios determinan una serie de posibles mapas, algunos necesitan un tratamiento especial para mejorar su interpretación, por ejemplo, su transformación por medio de una proyección o la ampliación de una parte del mapa. Para realizar el mapa es muy importante escoger los elementos de representación. Se necesita escoger los objetos geográficos que se van a usar, las formas, los patrones o colores, los elementos adicionales que necesita la lectura (posición de la ciudad, el río, calles, carreras, etc.).

Algunas reglas de semiología dan pistas para este trabajo como el factor climatológico. Los elementos que no pueden faltar en el mapa es la leyenda, siendo esta clave para permitir leer el mapa; sin leyenda, el mapa es ciego. De igual manera la leyenda demuestra los objetivos de un mapa. Una leyenda clara asegura un mensaje apropiado; tiene que ser concisa pero completa, es decir, incluir todos los elementos del mapa. El mapa se interpreta como un instrumento de trabajo. Puede usarse para formalizar un análisis o un discurso o como instrumento para revelar nuevas hipótesis.

En todo caso, es esencial que el mapa esté unido a un comentario que especifique los parámetros de su construcción y la manera de su lectura. (Mazurek, 2018)

## **Paso 6. Análisis de superficie: slope gradiente**

El análisis de superficies utiliza las características físicas del terreno para profundizar en su conocimiento y relaciona unas superficies con otras para generar información útil, siendo un modelo raster donde cada celda indica un valor interpolado desde un conjunto de puntos con elevación conocida. Pero otros fenómenos espaciales también forman superficies, tales como densidad de población, datos de lluvia, gradientes de presión atmosférica. Posteriormente, se estudia los mapas obtenidos donde se buscan patrones de comportamiento y se observa cuáles son los sitios con mayor variabilidad del fenómeno en estudio.

## **Análisis de resultados**

En este apartado del documento se propone la aplicación de la ruta propuesta en este proyecto con el fin de validar su pertinencia y determinar cuáles son los pasos críticos.

Descripción:

El mapa se realiza con la información obtenida de la secretaria de salud municipal, se busca en la base de datos la respectiva dirección de la residencia de las personas afectadas o reportadas como casos positivos de dengue y que estas personas vivieran dentro del casco urbano del municipio de Pitalito.

Con la información anterior, el siguiente paso es georreferenciar las viviendas donde se presenta el contagio del Virus del dengue; esto se hace con la aplicación gratuita “Google EARTH”, donde se busca las respectivas direcciones, una vez encontrado estos sitios o lugares se crea un proyecto y se guarda los sitios ubicados, mostrando en el mapa las ubicaciones de las personas infectadas en el municipio de Pitalito – Huila. Una vez teniendo guardado las ubicaciones en un proyecto en la aplicación Google EARTH, se guarda este como una extensión HTML para poder abrir en QGIS. Ya teniendo esta extensión se agrega como capa vectorial, al ser insertada esta capa se abrirá las ubicaciones buscadas anteriormente, seguidamente se anexa al QGIS una capa llamada “OpenStreetMap” esta capa muestra la extensión del planeta tierra, seguidamente se inserta también una capa una capa vectorial llamada “Colombia municipios” esta es una capa que muestra los respectivos municipios que cuenta cada departamento.

Una vez sean agregado estas capas en el mapa base, se selecciona la deseada para que genere los respectivos cambios, como etiquetas para que muestren el nombre de los departamentos y el de los municipios, el color con el que se desea trabajar, la opacidad de cada capa, entre otros ajustes.

Para obtener una mejor, presentación de la zona de estudio, se selecciona el departamento del Huila, con la herramienta cortar de Qgis y se deja solo el departamento y se hace el mismo procedimiento con el municipio de Pitalito. En la primera capa agregada “OpentStreeMap” que ubica la zona urbana de Pitalito y se inserta el proyecto HTML,

donde se muestra las ubicaciones encontradas en Google EARTH, se agrega nuevamente los respectivos proyectos para los años que hubo casos positivos (2017. 2018 y 2019).

En la aplicación del trabajo de interpolación los casos del 2019 son los más factibles para realizar la aplicación de la metodología, dado a que en el año 2017, solo se presentaron 2 casos georreferenciados y en el año 2018 un total de 4 casos, por ende estos años no son una muestra representativa para un análisis de dengue en Pitalito, como si lo es, el año 2019.

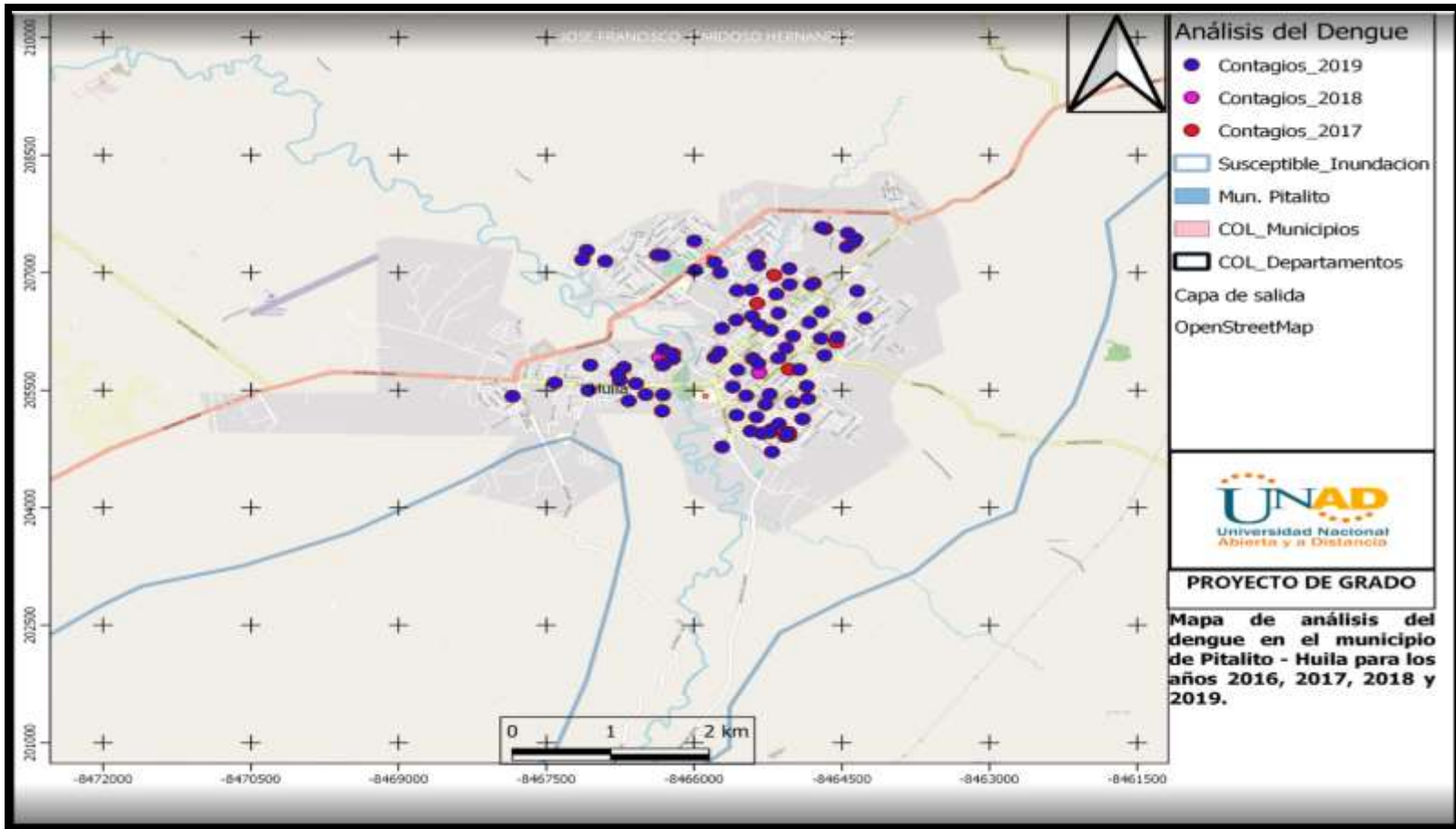
Es importante manifestar que en el paso 5 de la metodología, se modifica la técnica de interpolación IDW, debido a que para aplicarla se requiere valores específicos a interpolar; es decir el número de casos de dengue por cuadra, con el fin de generar un mapa de zonificación más preciso, desafortunadamente no se cuenta con la información completa y digitalizada de los casos de dengue por cuadra del Municipio de Pitalito, por tal motivo dicha técnica se remplaza por la interpolación de Mapa de calor mencionado en el marco teórico del documento, la cual genera un archivo raster donde se marcan con diferentes tonalidades de colores las zonas con mayor aglomeración y se va degradando dependiendo la concentración de los eventos.

Los mapas de calor permiten identificar los puntos calientes, es decir las zonas de Pitalito donde mayor aglomeración de casos se presentaron por el virus del dengue, con el fin de analizar los diferentes factores que propiciaron los eventos.

Finalmente se realiza la representación de todos los puntos de contagios en el mapa del Municipio de Pitalito, permitiendo visualizar la dimensión espacial del virus dengue en las diferentes comunas.

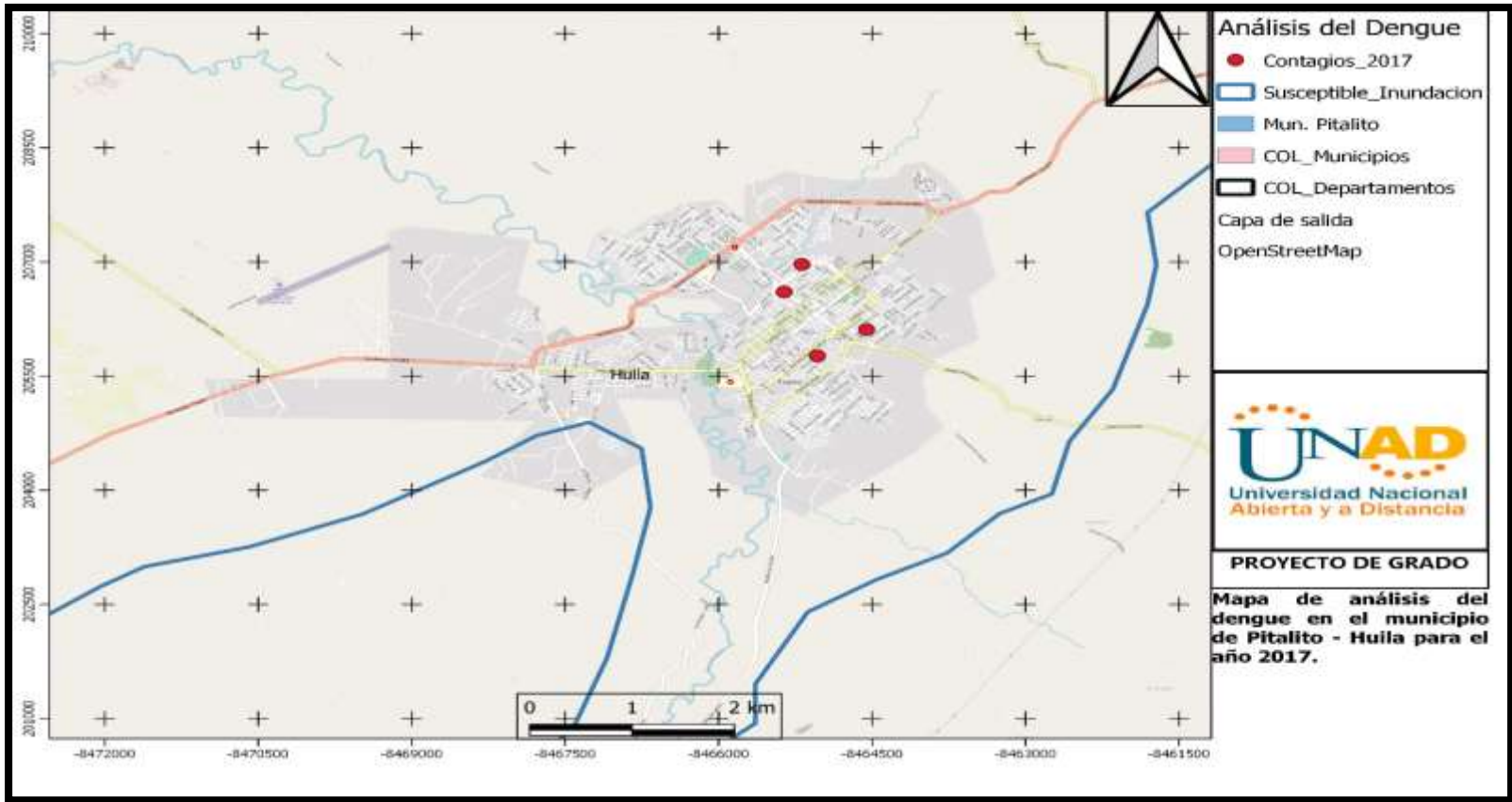
Lo anterior, permite comprobar que la ruta propuesta se puede aplicar, siempre y cuando se tenga la base de datos completa de las direcciones de los pacientes contagiados por el virus, las capas del Departamento, Municipio y de los factores ambientales tales como zonas de inundación, clima, lluvias que contribuyeron a la proliferación del vector.

A Continuación se ilustrará por medio de mapas los contagios del virus del dengue para los años 2017-2018-2019 en el Municipio de Pitalito.



**Figura. 6** Casos dengue en Pitalito Huila 2017-2018-2019

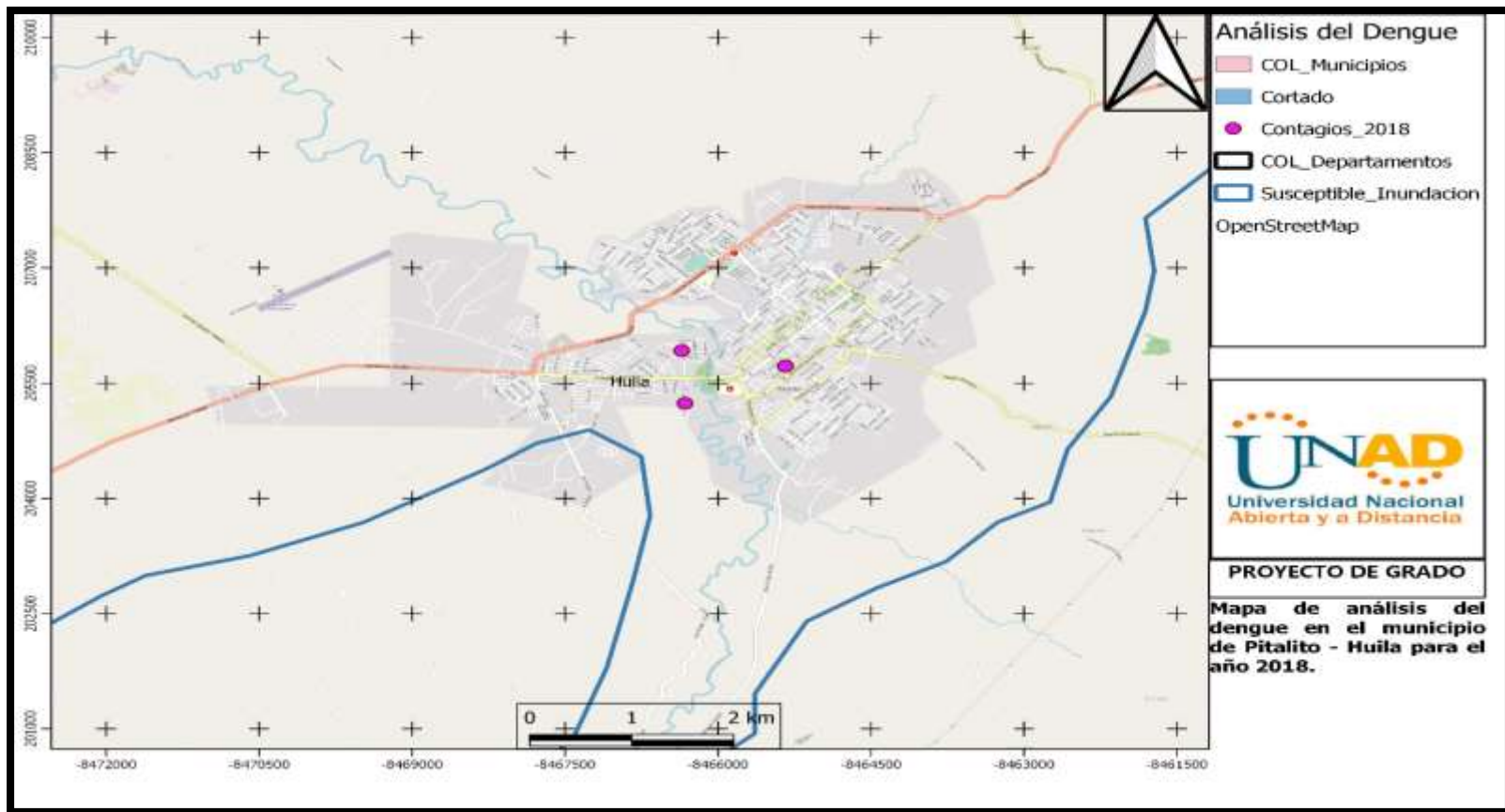
Fuente: Elaboración propia.



**Figura. 7** Casos dengue 2017.

Fuente: Elaboración propia.

Se hace la representación de los casos del dengue para el año 2017 en la figura 6, donde los puntos rojos indican 4 eventos referenciados, presentados en los barrios la Esperanza, Cábulos, Los Andes, Guaduales y Los lagos, esta información es tomada del sistema Sivigila.



**Figura. 8** Casos de dengue 2018.

Fuente: Elaboración propia.

Se representa en el mapa los casos de contagio de dengue reportados para el año 2018 en la figura 8, los puntos color fucsia indican 3 casos de los nueve positivos que se representan en el grafico 1 del documento; se proyectan solo tres, debido a que estos están debidamente referenciados, dichos contagios de dengue se presentaron en el barrio libertador, la isla y centro.

## Dimensión espacial del virus del dengue Pitalito 2019

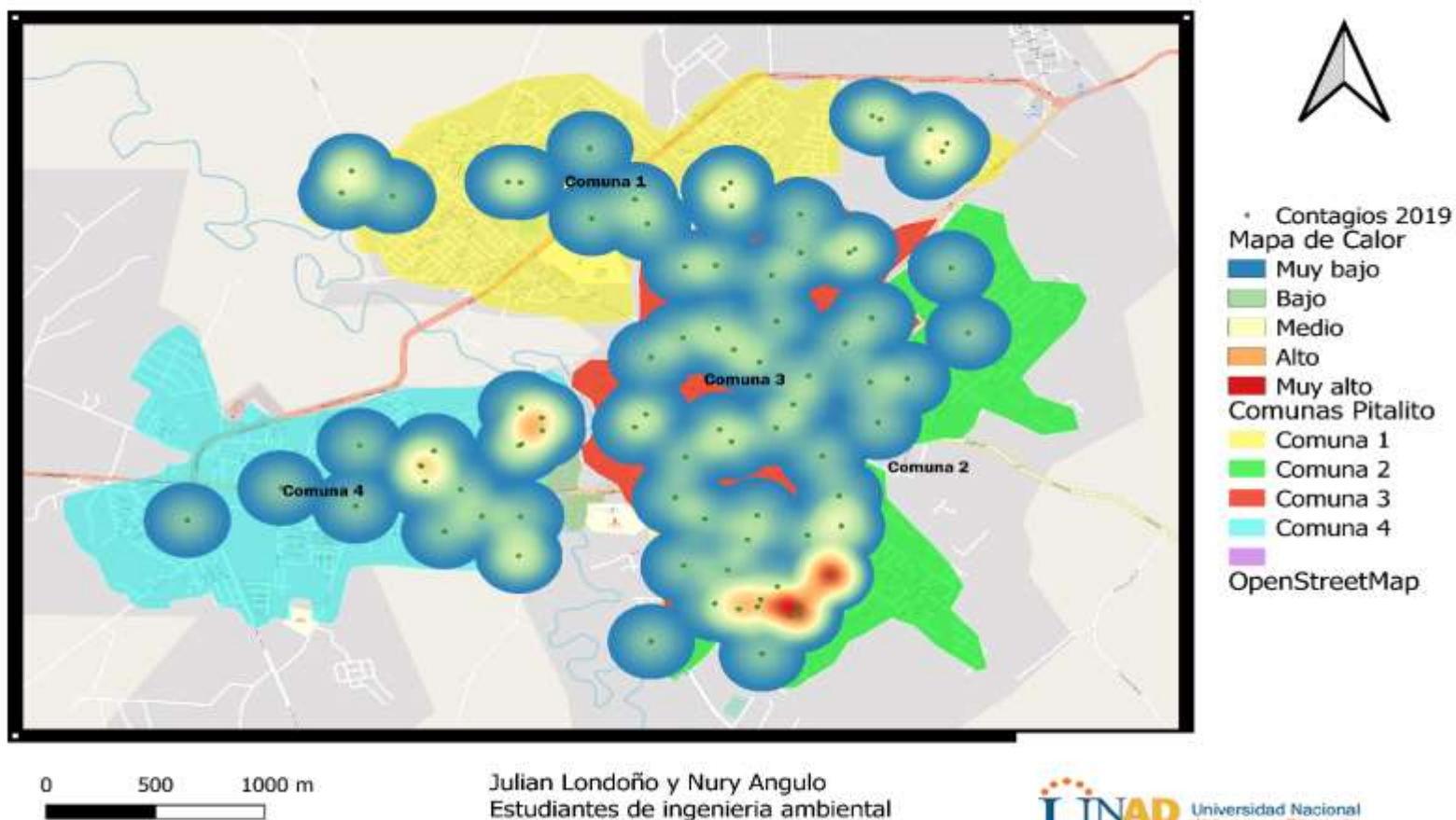


Figura. 9 Dimensión espacial del Virus del Dengue Pitalito 2010

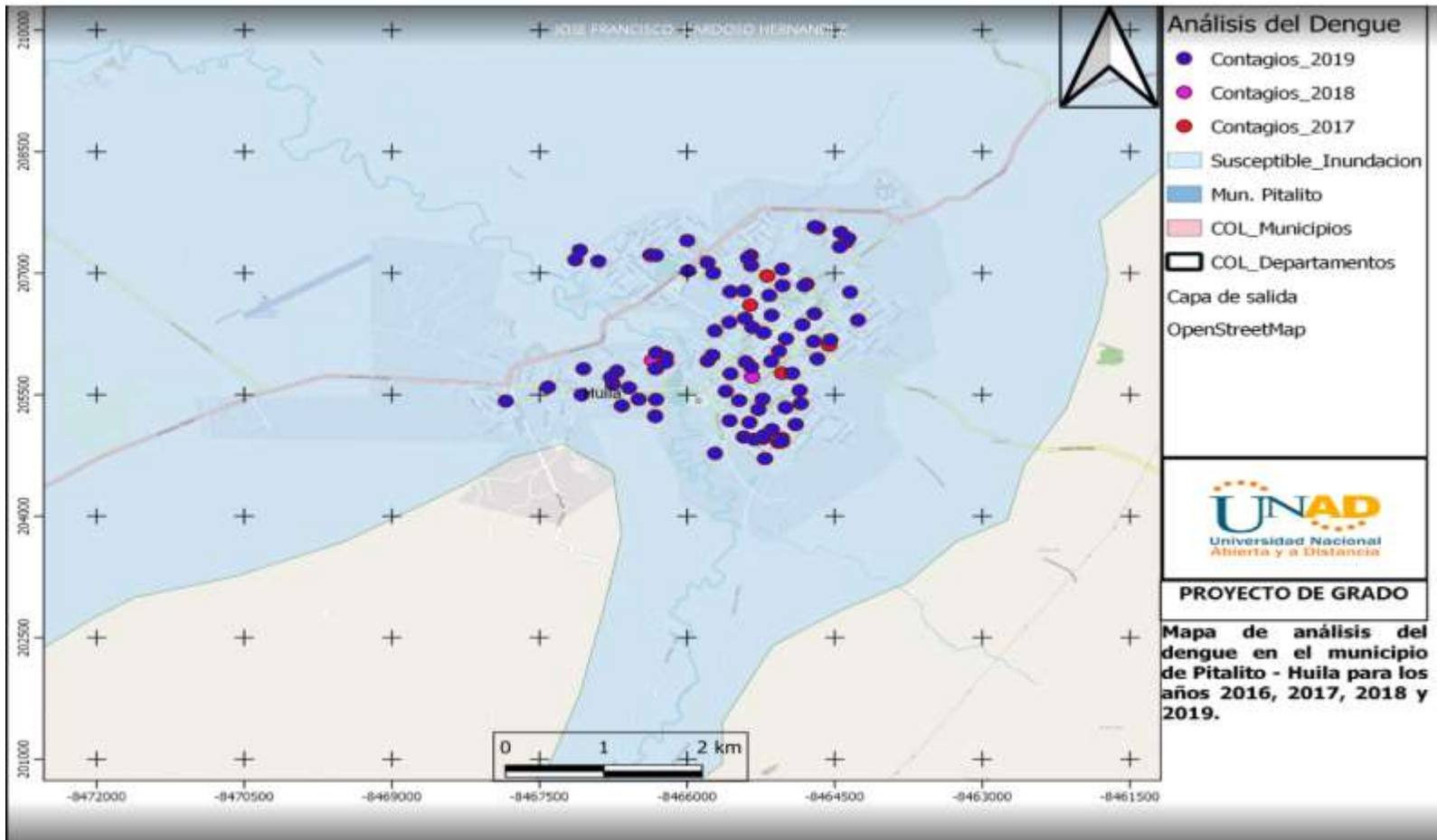
Se presenta como resultado un mapa calor, o también llamado de puntos calientes que permite visualizar la dimensión espacial del virus del dengue proyectado para el año 2019 en la zona urbana del Municipio de Pitalito, dicha representación se hace por categoría de colores donde cada uno representa un nivel de contagio, iniciando desde el muy bajo hasta muy alto .

El color azul y verde representan un nivel de contagio muy bajo y bajo, debido a la dispersión de los casos, el color amarillo indica un nivel de contagios medio, se puede visualizar la degradación del color cada vez que se presenta mayor aglomeración de casos en una zona.

El color naranja indica un nivel del contagio alto, El color rojo indica un nivel de contagio muy alto, en el mapa de calor de la figura 8, se observa una alerta roja en la comuna 2, a pesar de que esta, solo tiene 33 casos reportados, su nivel de contagio es muy alto, para ser más precisos el barrio paraíso, es el más afectado con una totalidad 10 casos, ver figura 5, lo anterior define que a mayor concentración de casos, mayor es el riesgo de contagio

Es importante traer a colación que el barrio paraíso, es susceptible de inundaciones, factor ambiental que posiblemente pudo haber influido en la proliferación del vector, cabe resaltar que para lograr definir con exactitud el origen del virus y la aglomeración de los casos, se debe hacer visita de campo, con el fin de validar las causas precisas de contagio.

Finalmente se concluye que la mayor aglomeración de casos se da en la comuna dos y cuatro, cabe resaltar que la información reportada por el sistema SiviGila no es completa, es decir faltan direcciones de los pacientes, faltan datos de edad del paciente, fecha de síntomas y factores ambientales que contribuyeron a la proliferación de estos casos

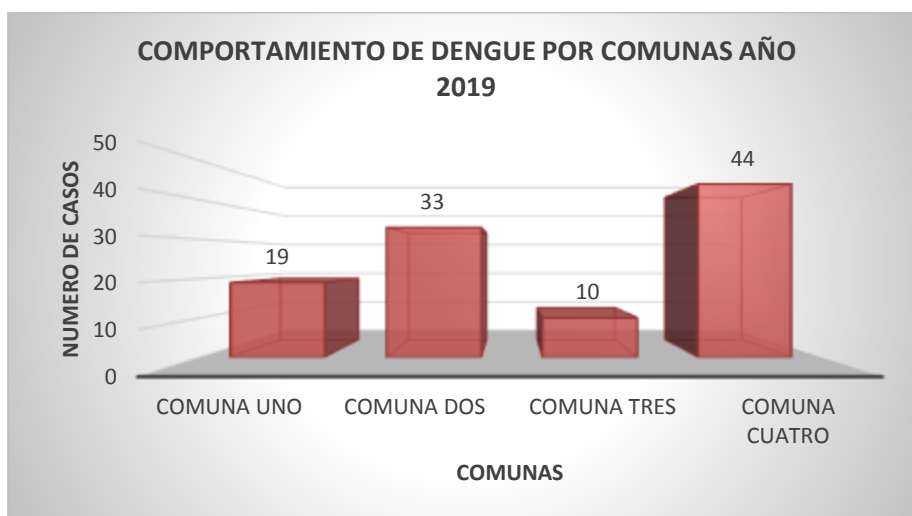


**Figura. 10** Áreas susceptibles de inundación Municipio de Pitalito

**Fuente:** Elaboración propia.

El mapa representa que la zona urbana del Municipio de Pitalito es susceptible a inundación, debido a que está ubicado en un valle.

**Gráfico 2.** Comportamiento Dengue por comunas - Municipio de Pitalito



**Fuente:** Elaboración propia

Pitalito está dividido en cuatro comunas: Comuna Noroccidental: La comuna uno agrupa 22 barrios. Comuna Nororiental: La comuna dos agrupa 22 barrios. Comuna Central: La comuna tres agrupa 8 barrios. Comuna Barrios Unidos del Sur: La comuna cuatro agrupa 15 barrios. La comuna tres es la menos afectada, con un total de 10 casos positivos de dengue, seguida de la comuna uno que reportó 19 casos. La comuna 2 arrojó 33 casos, pero la comuna cuatro o comuna barrios unidos del sur fue la más afectada con un total de 44 casos de dengue para el año 2019.

**Gráfico 3.** Comportamiento de dengue en los barrios de Pitalito Huila

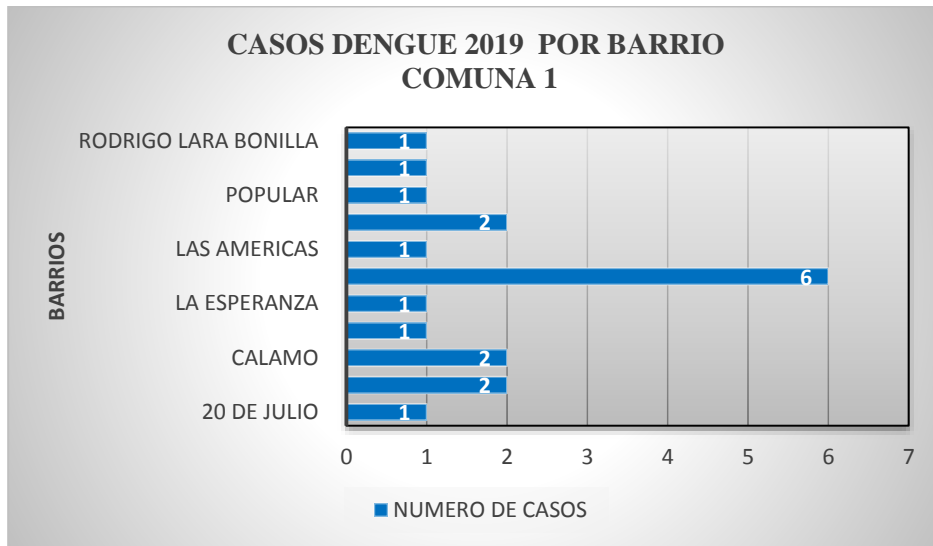


**Fuente:** Elaboración propia

El comportamiento del virus del dengue se refleja con mayor incidencia en el barrio las Acacias con 6 casos positivos, Paraíso con 10 casos y el barrio Libertador con 23 casos, cabe resaltar que el barío paraíso es vulnerable a constantes inundaciones y el barrio Libertador se encuentra ubicado en una zona de riesgo aledaño al Rio guarapas, condiciones ambientales que favorecen la proliferación del virus.

A continuación se describe en detalle los barrios más afectados por el virus del dengue en las diferentes comunas del municipio de Pitalito.

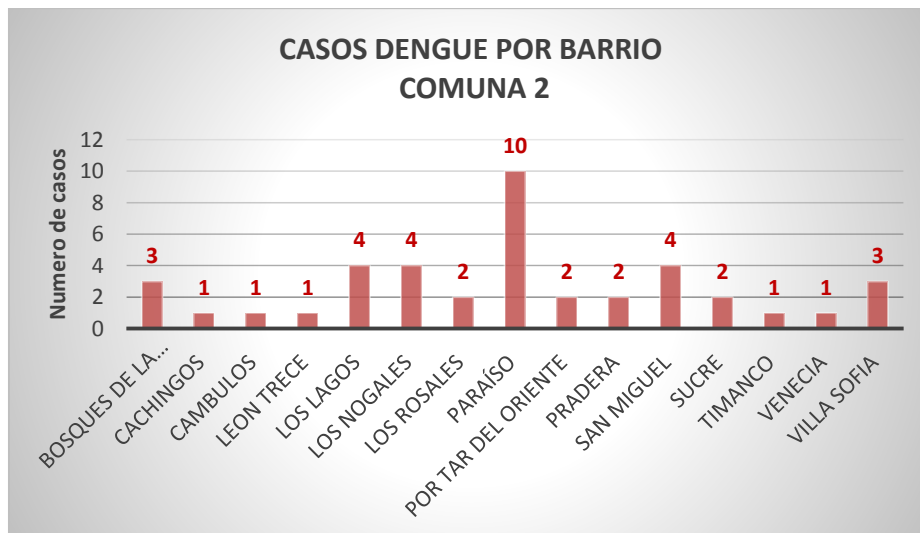
**Gráfico 4.** Casos del dengue por Barrio Comuna 1



**Fuente:** Elaboración propia

La comuna uno o comuna noroccidental, está compuesta por 22 barrios de los cuales 11, reporta 19 casos de dengue para el año 2019, siendo el barrio las Acacias el más contagiado con un total de 6 casos.

**Gráfico 5.** Casos del dengue por Barrio Comuna 2



**Fuente:** Elaboración propia

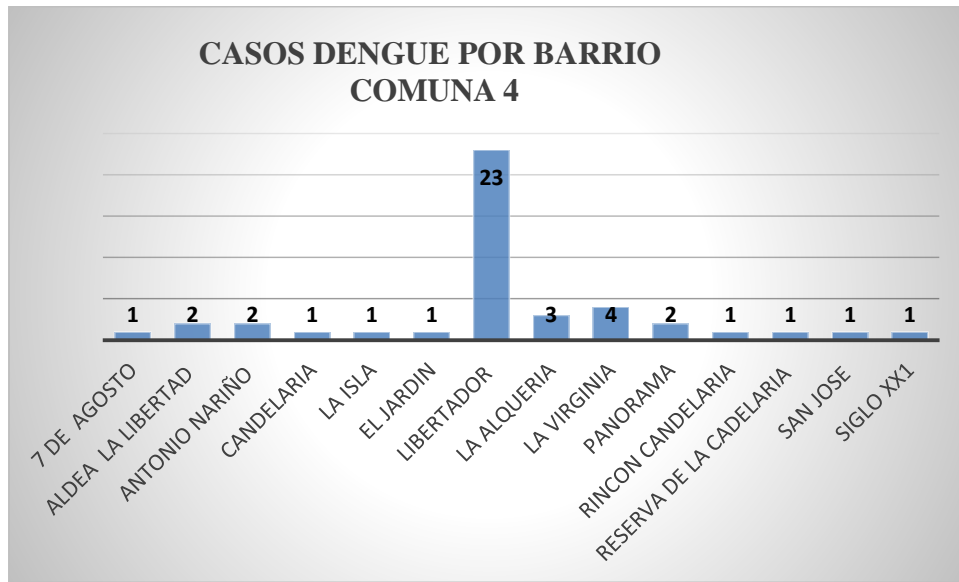
La comuna nororiental o comuna dos cuenta con 33 casos de dengue para el 2019, en 15 de los 22 barrios que está conformada, siendo el Paraíso el más afectado con un total de 10 casos.

**Gráfico 6.**Casos del dengue por Barrio Comuna 3



La comuna tres, presenta un total de 14 casos positivos de dengue reportados en el año 2019, en 6 barrios de los 10 que la conforman, los barrios más afectados son: Trinidad con 4 casos, seguido del barrio san Antonio con 3 casos, estos barrios se ven afectados por la cercanía al río guarapas.

**Gráfico 7.** Casos del dengue por Barrio Comuna 4



Comuna barrios unidos del sur, es la más afectada con un reporte de 44 infectados, siendo el barrio Libertador el cual tiene más casos de dengue, se deduce esto a que su ubicación es muy cercana al río Guarapas, al terminar la temporada de lluvias quedan aguas estancadas apropiadas para criaderos del mosquito, para potenciar esta problemática la rivera del río es contaminada con residuos sólidos haciendo de estos un foco de proliferación.

## Conclusiones

En el presente diseño metodológico se debe resaltar que para la ubicación geoespacial de los casos de dengue en el Municipio de Pitalito, la variable más importante es la de dirección de residencia que, aunque no necesariamente implique que los pacientes hayan contraído en sus viviendas la enfermedad del dengue, es la manera más adecuada para aplicar un criterio de localización, dado a que existe un mayor riesgo de infección por dengue en las viviendas, debido al comportamiento endoflico de los mosquitos.

Es importante adquirir una cultura del uso de los (SIG) en el sector salud y ambiental, como en otros sectores, esta cultura se incrementará en la medida de que se reconozcan las ventajas y en especial sus favorables efectos en la vigilancia, control y protección de la salud y el bienestar de la población, evolucionando el seguimiento del virus del dengue hacia un sistema activo en el que la sospecha intencional por clínica y serología de casos sea elevada, intensificando la vigilancia epidemiológica, la investigación de casos y realizando actividades de control en las zonas donde aparecen los casos y sobre todo en las zonas de alta transmisión del municipio de Pitalito.

Existen variedad de software comerciales y libres para aplicar los Sistemas de Información Geográfica, que son útiles para predecir modelos de patrones de comportamiento de distribuciones espaciales, los cuales sirven para la generación de alertas ante las entidades gubernamentales encargadas del tema de salubridad, El diseño metodológico propone utilizar el software libre Qgis, con sus herramientas de análisis espacial IDW y Slope, bajo el supuesto de que la variación espacial del fenómeno con respecto a un punto de ocurrencia del evento (en éste caso el dengue), cumple con la primera ley de la geografía o principio de auto correlación espacial.

La combinación de las variables ambientales como los cambios climáticos, temperatura, humedad relativa, temporada de lluvias (precipitaciones) zonas con aguas estancadas (quebradas con poco cauce en muchas épocas del año); son parámetros que influyen en el crecimiento del mosquito transmisor, estos factores son muy importantes en la toma de decisiones para la prevención en la propagación del fenómeno y siempre se debe incluir en temas de salubridad.

## **Recomendaciones**

Capacitar a los trabajadores de salud pública del municipio de Pitalito para que realicen análisis espaciales en los estudios sobre los procesos de salud – enfermedad, utilizando adecuadamente los conceptos básicos y los distintos métodos de representación cartográfica, georreferenciación y elaboración de mapas temáticos.

Realizar trabajo de campo para identificar y contrastar los hallazgos determinados con las ocurrencias y comportamiento de la enfermedad en la zona.

Utilizar software con licencia libre como en el caso de este proyecto se trabaja con Qgis, cuanta con las herramientas necesarias para hacer la representación cartográfica y la elaboración de mapas temáticos, es decir para presentar información de un espacio geográfico.

Visitas zonas que en época de precipitaciones son propensas a inundaciones debido a su mal estado de alcantarillado, posteriormente dejando aguas estancadas y contribuyendo a criaderos de mosquitos. Estos son algunos de los barrios: La Pradera, Paraíso, Los Nogales, Los Rosales, León XIII, Bosques de la Riviera, Venecia y La Gaitana.

## Bibliografía

- Argentina, M. d. (2013). *Ministerio de Salud de la Nación Argentina*. Obtenido de Guía Clínica Dengue: [https://circubio.com.ar/files/dengue\\_documento.pdf](https://circubio.com.ar/files/dengue_documento.pdf)
- Buzai, G. D. (2009). Capítulo 7: Capítulo 7 Análisis Espacial Con Sistemas De Información Geográfica. En G. D. Buzai, *Análisis Espacial con Sistemas de Información Geográfica. Sus cinco conceptos fundamentales* (pág. 25). Publisher GESIG.
- Coddazzi, I. G. (24 de 09 de 2018). *Instituto Geogràfico de Agustìn Coddazzi*. Obtenido de Gravimétrica, Red: <https://igac.gov.co/es/contenido/areas-estrategicas/red-gravimetrica>
- Girona, U. d. (Abril de 2017). *Unigis*. Obtenido de <https://www.unigis.es/software-sig/>
- Kouri, G., Peregrino, J., Munster, B. M., & Guzman, M. (20 de Junio de 2007). Sociedad, economía, inequidades y dengue. *Revista Cubana de Medicina Tropical*, 59(3), 7. Recuperado el 25 de Agosto de 2020, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0375-07602007000300001](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0375-07602007000300001)
- Márquez Benítez, Y., Monroy Cortés, K. J., Martínez Montenegro, E. G., Peña García, V. H., & Monroy Díaz, Á. L. (Enero - Abril de 2018-2018). Influencia de la temperatura ambiental en el mosquito *Aedes spp* y la transmisión del virus. *CES Medicina*, 43-50. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/cesm/v33n1/0120-8705-cesm-33-01-42.pdf>
- Mazurek, H. (2018). Open EditionS. En H. Mazurek, *Espacio y Territorio* (pág. 203). IRD Éditions, Edición Impresa/La nacion. Obtenido de <https://books.openedition.org/irdeditions/17852?lang=es>
- Mezcua, J., GIL, A., & R, B. (1996). *Estudio gravimètroco de la península Ibèrica y balears*. Obtenido de <https://www.ign.es/web/resources/docs/IGNCnig/GRV-Estudio-Gravimetrico-Peninsula.pdf>

Sivigila Instituto Nacional de salud, C. 2. (2020). *Boletín Epidemiológico Semanal*. Bogotá: Instituto Nacional de Salud - Dirección de Vigilancia y Análisis del Riesgo en Salud Pública. Obtenido de [https://www.ins.gov.co/buscador-eventos/BoletinEpidemiologico/2020\\_Boletin\\_epidemiologico\\_semana\\_10.pdf](https://www.ins.gov.co/buscador-eventos/BoletinEpidemiologico/2020_Boletin_epidemiologico_semana_10.pdf)

Toche, L. O. (2016). El análisis espacial como una herramienta para el estudio del. *CIT2016 – XII Congreso de Ingeniería del Transporte* (pág. 14). Mexico: Universitat Politècnica de València, 2016.

**Anexos.**

**Tabla 7.** Modelo de encuesta para análisis de Dengue.

<b>ESTUDIO DE IDENTIFICACIÓN DE FACTORES DEL RIESGO ASOCIADO AL VIRUS DEL DENGUE - MUNICIPIO DE PITALITO</b>			
<b>FACTORES SOCIALES</b>		N.º de cuestionario:	_____
N.º Comuna:		Fecha (Dia /Mes / año)	_____
Nombre del usuario:		Sexo: F ( ) M ( )	Edad: _____
Dirección de residencia del usuario		_____	
<b>FACTORES CULTURALES</b>			<b>Repuestas: solo números</b>
<b>CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS HABITANTES DEL HOGAR</b>			_____
1.¿Cuántas personas viven en el Hogar, iniciando por el jefe del hogar, hasta el niño más pequeño?			_____
2.¿Hasta qué año termino sus estudios? <small>0. Sin escolaridad; 1. Kinder; 2. Primaria; 3. primaria incompleta; 4. Secundario; 5. secundaria incompleto; 6 Universidad ; 7. técnico; 8.Posgrados.</small>			_____
3¿ Sabe que es el Dengue? 1.Si; 2;No. (Si su respuesta es sí, continúe con la pregunta 3 , 4 y 5)			_____
4¿Conoce los síntomas del dengue? 1.Si; 2;No			_____
5¿Conoce la cadena de trasmisión del dengue ? 1.Si; 2;No			_____
6.¿Tiene conocimiento de la medida preventiva de eliminación de criaderos del dengue? 1.Si; 2;No			_____
<b>FACTORES ECONOMICOS</b> (hablemos de las características de la vivienda, donde usted vive.)			_____
7.¿Cuantos cuartos hay en esta vivienda, incluyendo la cocina y sin cotar el baño?			_____
8.¿Cuántos cuartos utilizan para dormir?			_____
9.¿Cuál es material que predomina las paredes exteriores de su vivienda? <small>1. Ladrillo;2. Cemento;3.Bahareque;4.Madera;5.Guadua;6.Zinc;7. Sin paredes.</small>			_____
10.¿Cuál es el material que predomina en los pisos su vivienda? 1. Tierra; 2. Cemento;3. Otro Material			_____

<p>11.¿El servicio de agua prestado por el acueducto, de qué manera lo presta?</p> <p>1. Diario;2.entre dos y cinco veces a la semana;3 Una vez a la semana; 4 Una vez al mes; 5. Nunca</p>	_____
<p>12.¿En dónde almacenan el agua, las personas que habitan la vivienda?</p> <p>1. No almacenan el agua; 2.Albercas; 3.Recipientes como canecas, Ollas demás; 3.Tanques altos; 4.Pozo propio 5.Otros (Especifique)</p>	_____
<p>13.¿Por cuánto tiempo almacenan el agua?</p> <p>1. Inferior a tres días, 2.Entre cuatro y siete días; 3.Mas de siete días.</p>	_____
<p>14.¿Los recipientes anteriormente descritos los tiene protegidos (tapados)?</p> <p>1. Si; 2. No</p>	_____
<p>15.¿De dónde toman el agua que beben los habitantes de esta casa?</p> <p>1.Dentro de la vivienda;2.Fuera de la vivienda;3.Fuente pública;4. la toma de otra casa;5. Rio- arroyo; 6. Pozo Comunal, 7. Tubo comunal; 8. Tanque Público; 9. Poso propio; 10. Agua lluvia;11.Recipientes almacenados en la Vivienda;77. No sabe; 88. No responde; 99. No aplica.</p>	_____
<p>16¿Esta vivienda cuenta con excusado, letrina, o hacen sus necesidades a ras del suelo?</p> <p>1. Excusado o retrete con agua corriente;2.Letrina,hoyo o pozo negro;3. Nada hacen a ras del suelo.</p>	_____
<p>17.¿Tiene drenaje?</p> <p>1. Conectado a la calle;2.Conectado a Fosa septica;3. Conectado al suelo, riachuelo o quebrada;4. No hay drenaje.</p>	_____
<b>FACTORES AMBIENTALES</b>	
<p>18:¿Como es clima de su región?</p> <p>1. Frio; 2 Cálido; 3.Humedo</p>	_____
<p>19.¿Cómo eliminan los residuos?</p> <p>1. La botan al rio. 2. La entierran en el patio. 3. La queman.4.Recolección.</p>	_____
<p>20.¿ El servicio de basuras de qué manera se presta?</p> <p>1. Diario;2. Entre dos y cuatro veces a la semana;3.Una vez a la semana;4.Una vez al mes;5. Nunca;77. No sabe.</p>	_____
<p>21.¿En el solar o patio, tiene elementos donde se puede almacenar agua lluvia?</p> <p>1.Si; 2. No.</p>	_____
<p>22¿ Qué tipos de recipientes o almacenamiento de agua tienen?</p> <p>1. Embaces en desuso de menos de 50lt? 2. Neumaticos;3.Pilas de desecho como frascos;4. Floreros; 5.Otros Especifique.</p>	_____
<p>Agradecemos su valioso tiempo en la respuesta de esta encuesta, usted ha sido parte fundamental para la identificación de factores de riesgo determinantes en la presencia del virus el dengue.</p>	

**Anexo 2:**

**Tabla 8.** Casos de dengue reportador por Sivigila 2019

<b>CASOS DE DENGUE PITALITO 2017-2019</b>		
<b>COMUNA</b>	<b>BARRIO</b>	<b>NUMERO DE CASOS</b>
Comuna 1	20 DE JULIO	1
Comuna 1	ALTO DEL MAGDALENA	2
Comuna 1	CALAMO	2
Comuna 1	JUAN DE DIOS	1
Comuna 1	LA ESPERANZA	1
Comuna 1	LAS ACACIAS	6
Comuna 1	LAS AMERICAS	1
Comuna 1	LOS PINOS	2
Comuna 1	POPULAR	1
Comuna 1	PORVENIR	1
Comuna 1	RODRIGO LARA BONILLA	1
Comuna 2	BOSQUES DE LA RIVERA 3	3
Comuna 2	CACHINGOS	1
Comuna 2	CAMBULOS	1
Comuna 2	LEON TRECE	1
Comuna 2	LOS LAGOS	4
Comuna 2	LOS NOGALES	4
Comuna 2	LOS ROSALES	2
Comuna 2	PARAÍSO	10
Comuna 2	POR TAR DEL ORIENTE	2
Comuna 2	PRADERA	2
Comuna 2	SAN MIGUEL	4
Comuna 2	SUCRE	2
Comuna 2	TIMANCO	1
Comuna 2	VENECIA	1
Comuna 2	VILLA SOFIA	3
Comuna 3	TRINIDAD	4
Comuna 3	GUADUALES	3
Comuna 3	AGUABLANCA	2
Comuna 3	QUINCHE	1

<b>Comuna 3</b>	SAN ANTONIO	2
<b>Comuna 3</b>	SUCRE	2
<b>Comuna 4</b>	7 DE AGOSTO	1
<b>Comuna 4</b>	ALDEA LA LIBERTAD	2
<b>Comuna 4</b>	ANTONIO NARIÑO	2
<b>Comuna 4</b>	CANDELARIA	1
<b>Comuna 4</b>	LA ISLA	1
<b>Comuna 4</b>	EL JARDIN	1
<b>Comuna 4</b>	LIBERTADOR	23
<b>Comuna 4</b>	LA ALQUERIA	3
<b>Comuna 4</b>	LA VIRGINIA	4
<b>Comuna 4</b>	PANORAMA	2
<b>comuna 4</b>	RINCON CANDELARIA	1
<b>Comuna 4</b>	RESERVA DE LA CADELARIA	1
<b>Comuna 4</b>	SAN JOSE	1
<b>Comuna 4</b>	SIGLO XX1	1