

**ANÁLISIS ESPACIAL DEL VECTOR DE LA MALARIA EN EL
DEPARTAMENTO DEL CHOCÓ MEDIANTE EL APLICATIVO “SIG-MALARIA”
PARA EL PERIODO 2009-2019**

**LILIANA LEONELA LEMOS TÁMARA
MARÍA ISABEL PONCE HERRERA**



**UNIVERSIDAD DE
MANIZALES®**



**UNIVERSIDAD DE MANIZALES
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA
MANIZALES
2020**

**ANÁLISIS ESPACIAL DEL VECTOR DE LA MALARIA EN EL
DEPARTAMENTO DEL CHOCÓ MEDIANTE EL APLICATIVO “SIG-MALARIA”
PARA EL PERIODO 2009-2019**

**LILIANA LEONELA LEMOS TÁMARA
MARÍA ISABEL PONCE HERRERA**

Trabajo de Grado presentado como opción parcial para optar
al título de Especialista en Información Geográfica

**UNIVERSIDAD DE MANIZALES
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA
MANIZALES
2020**

AGRADECIMIENTOS

A la primera persona que queremos darle la honra y la gloria es a nuestro amado Padre Celestial, sin su guía y fortaleza esto no sería una realidad.

A nuestros familiares y amigos quienes manifestaron su apoyo todo el tiempo. Así mismo, queremos expresar nuestro agradecimiento a todos aquellos que han colaborado en la realización de esta investigación, de una u otra manera.

A nuestros compañeros de especialización quienes, con sus aportes, reflexiones de vida y educación hicieron más interesante este camino de formación.

Los Autores.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
1. ÁREA PROBLEMÁTICA	2
2. OBJETIVOS	7
2.1. OBJETIVO GENERAL	7
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	7
3. JUSTIFICACIÓN	8
4. REFERENTE TEÓRICO	10
4.1. LA GEOGRAFÍA DE LA SALUD	10
4.2. LA MALARIA O PALUDISMO	11
4.3. APLICACIÓN DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICOS EN ESTUDIOS DE MALARIA.....	11
5. METODOLOGÍA	15
5.1. TIPO DE TRABAJO	15
5.2. PROCEDIMIENTO.....	15
5.2.1. Fase 1. Revisión bibliográfica.....	15
5.2.2. Fase 2. Recolección de datos.....	16
5.2.3. Fase 3. Tratamiento de los datos.....	17
6. RESULTADOS.....	22
6.1. TENDENCIA DEL VECTOR DE LA MALARIA MEDIANTE TECNICAS DE ANÁLISIS ESPACIAL EN EL DEPARTAMENTO DEL CHOCÓ PARA EL PERIODO DE 2009 AL 2019.....	22

6.1.1.	Malaria tipo VIVAX.....	25
6.1.2.	Malaria tipo MIXTA	26
6.1.3.	Malaria tipo MALARIE.....	29
6.1.4.	Malaria tipo FALCIPARUM	30
6.1.5.	Índice Parasitario Anual (IPA) de los eventos reportados de Malaria en el departamento del Chocó para el periodo 2009 al 2019.....	33
6.2.	ACCESIBILIDAD A LOS EQUIPAMIENTOS DE SALUD.....	43
6.2.1.	Distancia y tiempo de recorrido hacia el hospital de segundo nivel del departamento del Chocó.....	47
6.3.	DISEÑO DE BASE DE DATOS EN APLICATIVO SIG	52
6.3.1.	Publicación	52
7.	CONCLUSIONES	55
8.	RECOMENDACIONES	57
9.	BIBLIOGRAFÍA	59

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Localización del área de estudio	2
Figura 2. Distribución espacial de la Población en el departamento del Chocó para el año 2019.....	3
Figura 3. Tipos de Contigüidad	19
Figura 4. Test de Moran´s I de los eventos de Malaria en el departamento del Chocó 2009-2019.....	23
Figura 5. Test de Moran´s I de los eventos de Malaria Tipo VIVAX en el departamento del Chocó 2009-2019.....	26
Figura 6. Test de Moran´s I de los eventos de Malaria Tipo MIXTA en el departamento del Chocó 2009-2019	28
Figura 7. Test de Moran´s I de los eventos de Malaria Tipo MALARIE en el departamento del Chocó 2009-2019.....	30
Figura 8. Test de Moran´s I de los eventos de Malaria Tipo FALCIPARUN en el departamento del Chocó 2009-2019.....	32
Figura 9. Índice Parasitario Anual (IPA) total para el período 2009-2019 en el departamento del Chocó	36
Figura 10. Índice Parasitario Anual (IPA) total para el periodo 2009-2019 en el departamento del Chocó Mixta y Vivax.....	39
Figura 11. Índice Parasitario Anual (IPA) Total para el periodo 2009-2019 en el departamento del Chocó Malarie y Falciparun.....	42
Figura 12. Equipamientos de salud en el departamento del Chocó según el nivel de complejidad del	45
Figura 13. Accesibilidad a los equipamientos de salud en el departamento del Chocó.....	49
Figura 14. Descripción feature dataset.....	52
Figura 15. Wep Mapping Aplicaction.....	53
Figura 16. Wep Mapping Aplicaction desde móvil.....	53
Figura 17. Wep Mapping Aplicaction lista de atributos.....	54

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Operacionalización de Variables	17
Tabla 2. Distancia de municipios a la ciudad de Quibdó	50

LISTA DE GRÁFICAS

	Pág.
Gráfica 1. Diagrama de dispersión del Índice de Moran's de los casos de Malaria en el departamento del Chocó período 2009-2019	22
Gráfica 2. Diagrama de dispersión del Índice de Moran's de los casos de Malaria Tipo VIVAX en el departamento del Chocó período 2009-2019.....	25
Gráfica 3. Diagrama de dispersión del Índice de Moran's de los casos de Malaria Tipo MIXTA en el departamento del Chocó período 2009-2019	27
Gráfica 4. Diagrama de dispersión del Índice de Moran's de los casos de Malaria Tipo MALARIE en el departamento del Chocó período 2009-2019.....	29
Gráfica 5. Diagrama de dispersión del Índice de Moran's de los casos de Malaria Tipo FALCIPARUN en el departamento del Chocó período 2009-2019.....	31
Gráfica 6. Número de Casos o eventos reportados de Malaria 2009-2019.....	34

GLOSARIO

Accesibilidad: Cualidad de accesible; adjetivo que se aplica a la persona o cosa a la que se puede acceder o llegar sin dificultad. (Real Academia Española, Real Academia Española, 2010)

Autocorrelación espacial: Mide la autocorrelación espacial en función de las ubicaciones de entidades y los valores de atributo mediante la estadística I de Moran global. (ArcGIS Desktop, 2017)

Equipamiento: Conjunto de todos los servicios necesarios en industrias, urbanizaciones, ejércitos, etc. (Real Academia Española, 2015)

Geografía de la Salud: La geografía de la salud busca comprender el contexto en el que ocurren los problemas de salud, para poder actuar sobre territorios, no sobre los individuos ni sobre los organismos. Diferente de otras disciplinas, la geografía busca una perspectiva macroscópica de los problemas, permitiendo comprender la dinámica del proceso salud-enfermedad y enfermedad-atención. (Barcellos, Buzai, & Santana, 2018)

Malaria: La malaria es causada por un parásito Plasmodium, que se transmite por la picadura de un mosquito infectado del género anófeles. Los síntomas incluyen fiebre, vómitos y dolor de cabeza, y pueden aparecer de 10 a 15 días después de la picadura. Plasmodium vivax y P. falciparum son los parásitos de la malaria más comunes, mientras que P. malariae y P. ovale son menos conocidos. La infección por P. falciparum es la más peligrosa y si no se trata puede llevar a complicaciones renales y cerebrales, e, incluso, a la muerte. La cloroquina y primaquina son el tratamiento de elección para P. vivax y P. falciparum donde estos parásitos siguen siendo sensibles. (OPS & OMS, 2018)

Sistema de Información Geográfica: Se entiende por «Sistemas de Información Geográfica (SIG)» la conjunción de datos relacionados con el espacio físico con herramientas informáticas, es decir, con programas informáticos o software. Es un conjunto de componentes específicos que permiten a los usuarios finales crear consultas, integrar, analizar y representar de una forma eficiente cualquier tipo de información geográfica referenciada asociada a un territorio. La información geográfica va a ser aquella información que tiene algún componente espacial, es decir, una ubicación, y, además, una información atributiva que nos detalle más sobre ese elemento en cuestión. Esa ubicación se podrá definir con un nombre de una calle, por ejemplo, o con coordenadas espaciales. *(Geoinnova, 2017)*

IPA: El Índice Parasitario Anual de Malaria expresa la relación de los casos de malaria y la población que vive en zonas de riesgo. Da cuenta de la probabilidad de contraer la enfermedad entre la población en riesgo. *(Así Vamos en Salud, 2020)*

RESUMEN

El análisis del vector Malaria se enfoca en la Geografía de la Salud y de los Sistemas de Información geográfica. Donde se analiza la dinámica espacio temporal del vector Malaria en el departamento del Chocó durante los últimos diez años (2009-2019). Se encuentra enfocado en una metodología descriptiva que parte de datos alfanuméricos y son interpretados a través de índices de análisis espacial que arrojan ciertos productos para poder ser representados espacialmente. Con este estudio se demuestra que es posible el empleo y aplicación de los sistemas de información geográficos en temas de malaria a escala municipal en el departamento de Chocó, logrando establecer de algunas tendencias y comportamientos espaciales de la situación epidemiológica en lugares específicos dentro del territorio, lo anterior se demuestra mediante una aplicación Web Mapping de Esri denominado "SIG-CHOCOMALARIA", el cual fue diseñado para que se pueda acceder desde cualquier dispositivo tecnológico, lo que permitirá a corto o mediano plazo decidir la mejor alternativa frente a situaciones de prevención, control y vigilancia del vector.

PALABRAS CLAVES: Geografía de la Salud, Sistemas de Información Geográfica, Malaria, Vector, Accesibilidad, Chocó

ABSTRACT

The analysis of the Malaria vector focuses on the Geography of Health and Geographic Information Systems. Where the spatio-temporal dynamics of the Malaria vector is analyzed in the department of Chocó during the last ten years (2009-2019). It is focused on a descriptive methodology that starts from alphanumeric data and is interpreted through spatial analysis indices that yield certain products in order to be represented spatially. This study shows that it is possible to use and apply geographic information systems on malaria issues at the municipal level in the department of Chocó, managing to establish some spatial trends and behaviors of the epidemiological situation in specific places within the territory. The foregoing is demonstrated by an Esri Web Mapping application called "SIG-CHOCOMALARIA", which was designed so that it can be accessed from any technological device, which will allow in the short or medium term to decide the best alternative to prevent situations, vector control and surveillance.

KEY WORDS: Health Geography, Geographical Information Systems, Malaria, Vector, Accessibility, Chocó

INTRODUCCIÓN

El análisis especial del Vector de la Malaria en el departamento del Chocó se enfoca específicamente desde la Geografía de la Salud, en donde a partir de sus inicios la preocupación del Saber la forma y el Cómo de la dinámica y distribución de los vectores en el espacio tienen un significado imprescindible en la explicación del por qué se desarrolla un vector.

Gracias a este proyecto, enfocado a la utilización de las herramientas que ofrecen los Sistemas de Información Geográfica, se pudo determinar ciertas explicaciones de la ocurrencia del vector Malaria en distintos lugares del territorio chocoano, debido a la alta frecuencia del mismo, estas explicaciones fueron producto de los resultados de la aplicación de técnica de análisis espacial que orientan y demuestran los hechos a partir de los datos alfanuméricos.

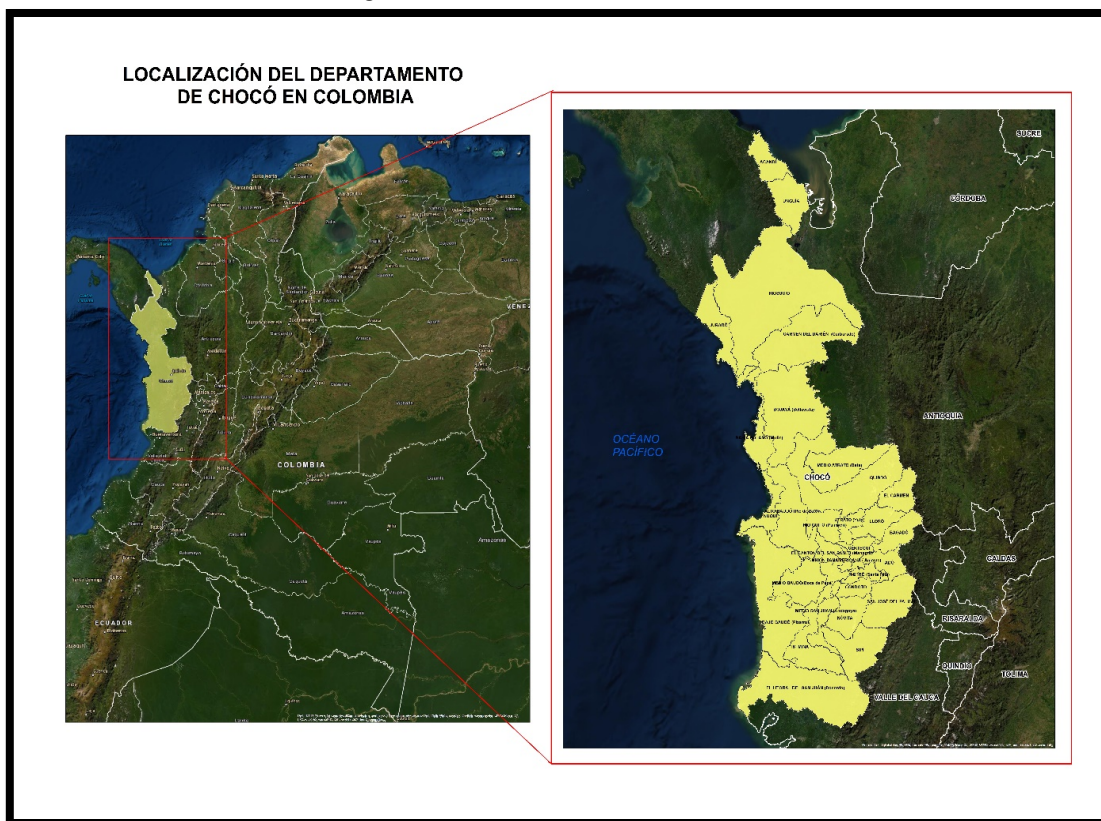
Es importante desarrollar este tipo de trabajos o proyectos dado que dan un amplio alcance al campo de la salud y al campo de los Sistemas de Información Geográfica. Uno de los limitantes de este proyecto fue la escasa información geográfica para el Departamento del Choco, debido a su biodiversidad y estaciones climáticas, que ha sido problema para algunas entidades poder hacer levantamiento espacial de la información.

Se pretende que con esta investigación a través de información primaria y secundaria se tome de ejemplo para el desarrollo de amplios análisis enfocados a los SIG, y sobre todo los datos de la Salud sean analizados de diferentes maneras y puedan ser representados espacialmente para que cualquier tipo de persona o población pueda conocer el estado en el que actúa cada vector, y su relación con los factores físicos como la accesibilidad a vías, transporte entre otros.

1. ÁREA PROBLEMÁTICA

La zona de estudio de la presente investigación es el departamento del Chocó, el cual se localiza en el occidente de Colombia, cuenta con una extensión 46.530 Km² conformado por treinta (30) municipios; hace parte de la región Pacífica y es un departamento de frontera internacional con Panamá e interoceánicos con el océano Pacífico y el mar Caribe; está rodeados por numerosas fuentes hídricas dentro de las cuales se destacan el ríos San Juan el rio Baudó y el rio Atrato, donde éste último deposita sus aguas al mar Caribe.

Figura 1. Localización del área de estudio

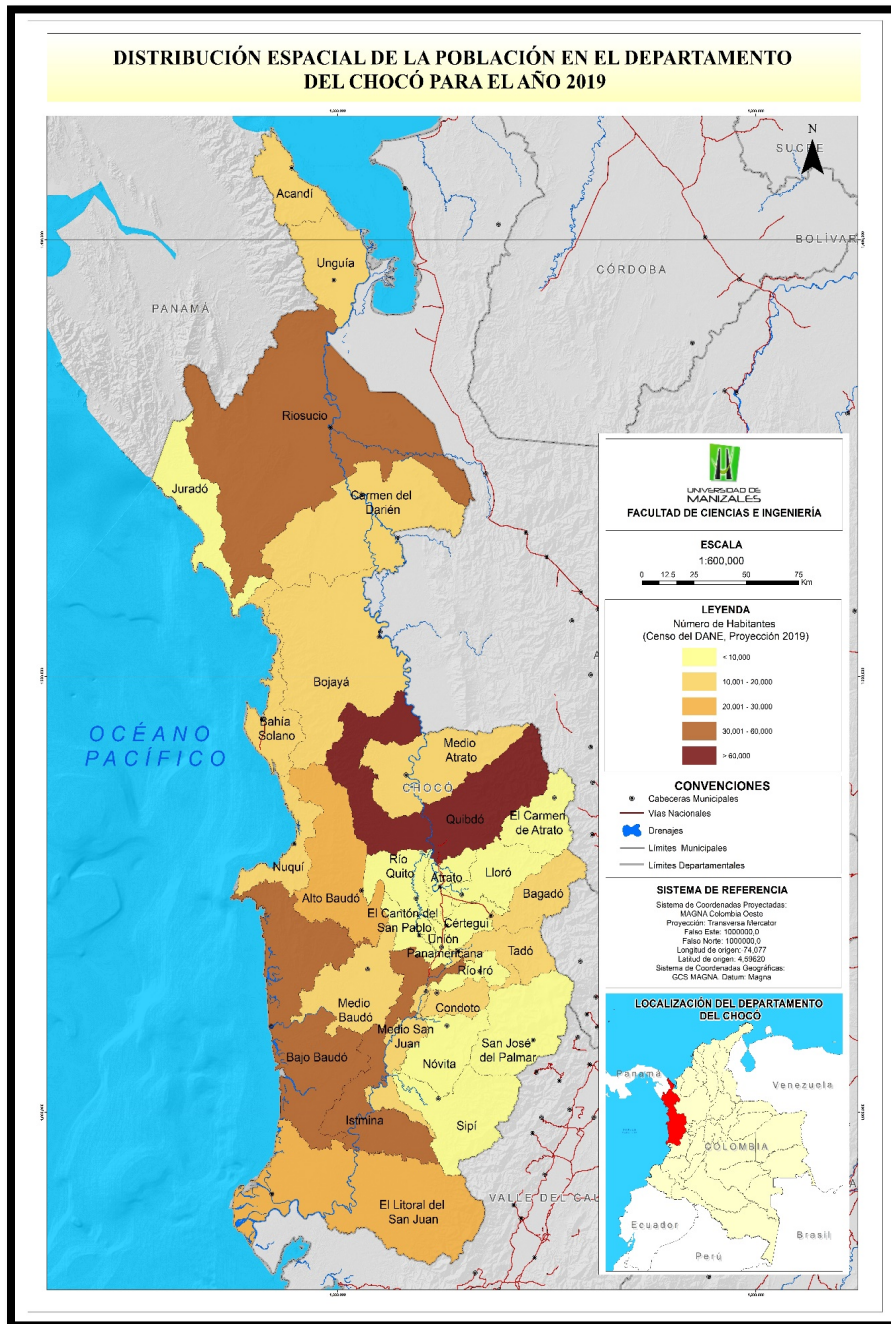


Fuente: Elaboración propia

El departamento cuenta con una población de 457.412 personas según el último censo registrado por el DANE para el 2018 y una población proyectada para el año

2019. La capital del Chocó, Quibdó es donde se concentra la mayor población con un total de 120,679 personas correspondiendo al 26,38% de la población total del departamento.

Figura 2. Distribución espacial de la Población en el departamento del Chocó para el año 2019



Fuente: Elaboración propia

De la misma manera, le siguen en concentración de población los municipios de Riosucio al Norte del departamento y al sur los municipios de Bajo Baudó e Itsmina con un número de habitantes entre 50 y 60 mil.

Los municipios como Juradó, El Carmen de Atrato, Lloró, Certeguí, Atrato, Río Quito, San José de Palmar, Nóvita, Sipí y Unión Panamericana, representan una baja concentración de población con un rango menor a 10 mil habitantes según la proyección de Población para el año 2019.

Es importante mencionar, que el departamento del Chocó es una de las maravillas naturales de Colombia y del continente latinoamericano debido a sus enormes montañas plagadas de exótica vegetación, sus majestuosos ríos, humedales y manglares que hacen biodiverso el Chocó Biogeográfico

La ubicación estratégica de Colombia permite que se tenga grandes beneficios en aspectos ambientales, geográficos, económicos, comerciales entre otros, así como también, esa misma posición entre los trópicos de Cáncer y Capricornio permiten que se presenten patologías propias de estas zonas como son las enfermedades tropicales, donde las condiciones climáticas son determinantes para la presencia de las mismas, especialmente en los climas cálido-húmedo, donde la humedad y la temperatura son condicionantes frente a la aparición de distintos tipos de vectores e insectos encontrando escenarios propicios para alcanzar su ciclo de vida durante aproximadamente todo el año.

El territorio colombiano se ve influenciado por distintos tipos de enfermedades vectoriales, como es el caso de la malaria, el dengue, el chikunguña, la leishmaniasis, enfermedad de chaga entre otros; donde su rango de acción óptimo va desde los 0 hasta 1.600 msnm aproximadamente (*INS, 2019*); sin embargo, en Colombia se ha encontrado que el Fenómeno del Niño (ENSO) está fuertemente asociado a una mayor frecuencia de presentación de casos de malaria y que esta

variable puede ser un factor predictor de aparición de epidemias (Benavides Melo, 2015; Mantilla et al., 2009). Por esta razón, se refleja que el país es altamente vulnerable a este tipo de enfermedades debido a que el 85% del territorio se encuentra por debajo de los 1.500 msnm.

Según el informe del SIVIGILA, *Instituto Nacional de Salud para el 2017-2018*, se evidenció que los departamentos de mayor riesgo epidemiológico para el vector de la Malaria son: Amazona, Antioquia, Guainía y Chocó, de los cuales la población con el riesgo más alto reportado fueron los afrocolombianos con 25.095 casos.

El Departamento del Chocó siendo un territorio de alto riesgo epidemiológico para la Malaria, así como también la población afrocolombiana es la de mayor riesgo como se menciona en el apartado anterior, lo que se atribuye en afectaciones en salud pública por la prevalencia del paludismo en todo el territorio chocoano.

Otro aspecto que si bien, no es propio de la enfermedad de la malaria, pero influye determinadamente para la gestión efectiva, es lo referente al difícil acceso y recolección de la información en tiempo real, debido que en algunos municipios aún no cuentan con un internet eficiente u otro sistema de comunicación alterno que sirva para informar los casos presentados oportunamente; además la ausencia de energía eléctrica en las comunidades rurales tanto de población afro como indígena, siendo un limitante para el desarrollo y la calidad de la información y sin duda alguna la falta de comunicación por vía telefónica en estas zonas tiende a ser nula; esto permite que se puedan formular mecanismos estratégicos con el propósito de mejorar la captura de la información y que sea de utilidad para la toma de decisiones oportunas de las entidades gubernamentales encargadas de la salud pública en el Chocó.

De acuerdo a esto se hace necesario que toda la información sobre el fenómeno de la Malaria se encuentre armonizada con los Sistemas de Información Geográfica para que se pueda proyectar en tiempo real los lugares o zonas donde se están originando los casos, dando relevancia a las técnicas de análisis espacial que relacionan los eventos vs espacio (municipios) obteniendo respuestas de la dinámica espacial del mismo; en este sentido, con la realización de este proyecto se brindará una herramienta geoespacial relacionada con un sistema de información geográfico que suministre y monitoree la información relacionada con el vector de la malaria para optimizar los procesos en la toma de decisiones, la cual pueda ser alimentada de forma sistemática y que le pueda ser útil a la secretaría de salud departamental, así como a la población chocoana para agilizar procesos de visualización institucional mediante un aplicativo web y de gestión en la información.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Analizar la dinámica espacio-temporal del vector de la malaria en el departamento del Chocó mediante en el aplicativo “SIGCHOCO-MALARIA” para el periodo 2009-2019.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir la tendencia del vector de la malaria mediante técnicas de análisis espacial en los municipios del departamento de Chocó durante el periodo 2009-2019.
- Identificar la accesibilidad a los centros de salud y capacidad instalada concerniente a la malaria en el territorio Chocoano.
- Diseñar una base de datos que pueda ser actualizada de forma periódica y que sea visible mediante un aplicativo sistema de información geográfica con nombre “SIGCHOCO-MALARIA”

3. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad los Sistemas de Información Geográfica hacen parte del diario vivir, ya no es necesario tener un mapa físico, o documentos voluminosos para ubicar lugares o fenómenos en el territorio, en nuestros días se hace necesario contar con dispositivos e internet para obtener información precisa, confiable y verídica de carácter global, nacional y local de diferentes áreas del saber; en ese sentido, el desarrollo de herramientas digitales e interactivas y de fácil manejo se han convertido en una solución importante para las personas de forma directa, ya que se enteran en tiempo real de situaciones; los SIG en los últimas décadas han venido siendo de utilidad en el área de la salud porque permite que se puedan realizar distribuciones espaciales de enfermedades para una mejor visualización en el espacio y tiempo de las mismas, así se puede evidenciar la localización de una determinada enfermedad, concentración y dispersión de eventos, principales zonas o ciudades afectadas, y los posibles focos de contaminación y reproducción de virus, infecciones entre otras.

Gracias a la necesidad de estar informado en tiempo real sobre los temas de salud y debido a que la población del departamento del Chocó históricamente ha sido afectada por el vector de la malaria se hace necesario implementar un SIG para el estudio del vector y de esta manera visualizar los casos de malaria y así como también conocer la distancia a los centros de salud oficiales por el Sistema Nacional de Salud. Adicionalmente, el propósito es que además de este proyecto pueda actualizarse la base de datos con los reportes mensuales o anuales que hagan las diferentes entidades sobre los diferentes tipos de Malaria y esta información pueda ser accesible a los diferentes tipos de población que necesiten conocer cómo actúa el vector espacialmente en el territorio chocoano

Este trabajo se realizó a una escala departamental, 1: 100.000 y les será útil a la gobernación del Chocó, así como a las alcaldías y a los ciudadanos para que

puedan tener acceso y conocimiento acerca de la información geoespacial del vector de la malaria.

Por lo tanto, este proyecto de investigación será una herramienta de utilidad para los entes territoriales y encargados de tomar decisiones, siendo necesario que las entidades conozcan, utilicen y pongan al servicio de la comunidad el aplicativo de Sistema de Información Geográfico para la malaria en el departamento del Chocó "SIG-CHOCOMALARIA" la cual permitirá en determinados casos decidir la mejor alternativa frente a situaciones de prevención, control y vigilancia del vector, logrando la eficiencia en la inversión de los recursos en este tema, por lo tanto la implementación de esta investigación se refleja en beneficios a la comunidad mayormente impactada reduciendo el índice de mortalidad.

4. REFERENTE TEÓRICO

El abordaje teórico de la presente investigación se enmarca en la temática relacionada con la importancia de la Geografía de la Salud, la cual hace relación a las enfermedades, su distribución espacial y social; la malaria, y el uso de las herramientas GIS para la interpretación y representación de los diversos fenómenos que se encuentran en el espacio.

4.1. LA GEOGRAFÍA DE LA SALUD

Tradicionalmente, en el ámbito de la Geografía, el objetivo fundamental ha sido el análisis de las variaciones espaciales de la salud humana (aunque con mayor frecuencia se estudie la falta de esta), en especial de los complejos patógenos o enfermedades endémicas y de las condiciones ambientales que son o pueden ser sus causas (*HOWE, 1980: 392*). En 1955 Maximilian Sorre describía los principios generales de la Geografía Médica y los asociaba estrechamente a la distribución de los complejos patógenos que, por otro lado, se hallan vinculados a las condiciones del medio ambiente. Destacaba un primer enfoque general que consistía en mostrar el reparto de las enfermedades (geografía de las enfermedades) para dar cuenta de la extensión de un fenómeno sobre la superficie del globo y, además, un enfoque o criterio regional, ya que cada región se caracteriza por una asociación de endemias o de epidemias vinculadas a los caracteres geográficos (físicos, biológicos y humanos); se consideraba así que el origen de las enfermedades se hallaba en los factores externos, incluidos entre éstos los propios hábitos (*SORRE, 1955:293*). De este modo la Geografía Médica establecía una directa relación entre el entorno -el medio geográfico-, y el estado de salud -la morbilidad y mortalidad de la población- (*ORTEGA VALCARCEL, 2000:395*). El objeto de estudio estaba claramente marcado: mostrar el área de extensión de una enfermedad endémica o epidémica que a su vez es el área de extensión de un complejo patógeno, y se pretendía conocer su localización, sus movimientos de retroceso o expansión en superficie y

buscar las circunstancias en que se desarrolla: densidad de población, migraciones, modo de vida, rasgos físicos del medio (Ramírez, 2004).

4.2. LA MALARIA O PALUDISMO

El paludismo es causado por parásitos del género Plasmodium que se transmiten al ser humano por la picadura de mosquitos hembra infectados del género Anopheles, los llamados vectores del paludismo. Hay cinco especies de parásitos causantes del paludismo en el ser humano, a) P. falciparum, b) P. vivax, c) P. malariae, d) P. ovale, e) P. Knowlesi (en los últimos años en países del Asia). si bien dos de ellas - Plasmodium falciparum y Plasmodium vivax - son las más peligrosas (Mundial, 2015).

La transmisión puede ser:

- Vectorial: el Anopheles infectado, al picar, inocular los esporozoitos, forma infectante del parásito.
- Inoculación directa de glóbulos rojos infectados por vía transfusional o casual por pinchazos con jeringas contaminadas.
- Transmisión vertical: de una madre infectada al feto.

En Colombia las zonas de malaria están entre 0 y 1600 m.s.n.m. Las regiones de mayor riesgo son: la costa pacífica, valles del río Cauca (bajo) y Sinú (alto), la Amazonía y la Orinoquia (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013)

4.3. APLICACIÓN DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICOS EN ESTUDIOS DE MALARIA

En 1993 la Organización Mundial de la Salud propuso utilizar los SIG para elaborar pronósticos sobre varias patologías de fuerte carga ambiental y crea un grupo de

estudio para implementar un plan global para realizar las acciones contra la malaria basado en el uso de los SIG. Desafortunadamente, los GIS se han convertido en materia de especialistas y no en herramientas para usuarios directos. Por ello, el Programa de Análisis de Situación de Salud, de la División de Salud y Desarrollo Humano (HDA/HDP) de la OPS, puso en marcha una iniciativa para el desarrollo del uso de los SIG en los países de la región. Para ello se identificaron algunas instituciones para formar una red de centros de referencia para apoyo técnico y adiestramiento en SIG. Los primeros Centros están operando en Chile, Cuba, Guatemala y México. En la mayoría de los países de América Latina la falta de estadísticas sanitarias lo suficientemente desagregadas como para poder georreferenciarlas impide su uso con un SIG. En la Argentina los casos notificados se procesan agregándolos hasta nivel de provincia y país. Solo algunos indicadores tales como la mortalidad infantil se agregan solo hasta nivel departamento, pero no todos los años. En este proceso se pierde el dato primario de localización del caso, lo que impide su posterior georeferenciamiento. Es importante destacar que los departamentos en la Argentina constituyen unidades políticas que pueden tener miles de Km.2. Otro problema común en la región es la falta de series temporales. Frecuentemente con los cambios de autoridades la información anterior se archiva y después de un tiempo se destruye. Esto impide calcular tendencias, hacer proyecciones y correlaciones con cambios ambientales. (*Curto et al., 2003*).

El uso combinado de tecnologías digitales que incluyen modelos de terreno de tres dimensiones en formato digital (MDT), el procesamiento digital de imágenes satelitales a través de sus píxeles constituyentes (PDI), los sistemas de posicionamiento global por satélite (GPS) y la integración y análisis final de esta información con los Sistemas de Información Geográfica (SIG) constituyen poderosas herramientas de trabajo para lograr un control sobre estas enfermedades. Como ejemplo las investigaciones sobre la dinámica de la malaria en el Estado Sucre. Venezuela se ha visto afectada al igual que el resto de los países del neotrópico por esta enfermedad y el estado Sucre, con una superficie de

11.800 km², constituye uno de los focos más importantes identificados en el país, el nororiental. Para su análisis se estructuró una base cartográfica a escala 1:100.000, que, siendo una escala regional media, como primer nivel de abstracción, permite trabajar todo el estado y seleccionar aquellas variables asociadas a la existencia y persistencia de humedales, tales como el efecto de la estacionalidad, la topografía, el porcentaje de pendiente, el tipo de vegetación, el uso de la tierra, etc. El análisis digital de la imagen 153 Landsat TM y del MDT que se obtuvo a partir de las curvas de nivel permitieron la detección de los humedales de entre todas las unidades de vegetación. Los humedales contienen sitios favorables para la oviposición y desarrollo larval posterior del mosquito vector de la malaria, *Anopheles aquasalis*, importante desde el punto de vista de la salud pública para conocerlos y caracterizarlos para su posterior manejo (*Delgado et al., 2003*).

Siguiendo este enfoque geográfico y apoyado en la tecnología de uso cada vez más frecuente de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), el trabajo se orienta a la generación de una base de datos espacial que permita almacenar de manera organizada, en un mismo lugar, datos tabulares y cartográficos de fuentes diversas para todo el Colombia, aprovechando los avances en las tecnologías de información. La aplicación desarrollada inicialmente recopila los datos considerados fundamentales para obtener una mirada general pero actualizada de la problemática de malaria, incluyendo, además de los reportes de ocurrencia de la enfermedad, datos generales de las condiciones sociales y del medio físico. Se espera que sirva de plataforma de información confiable para futuras investigaciones que ayuden a afrontar los retos actuales para el control de la enfermedad, quedando abierta a recibir datos de mejor resolución espacial y temporal (*Molina, 2008*).

En Colombia se presenta el Sistema de Información Geográfica para la Malaria (SIGMA), este sistema permite visualizar de manera interactiva, la base de datos de malaria del Ministerio de Salud de Colombia, a escala nacional, departamental y

municipal, y sus relaciones con variables climáticas y ambientales. SIGMA constituye una poderosa herramienta de ayuda para la gestión ambiental en salud humana en Colombia (*Poveda et al., 2005*).

En el departamento del Chocó se ha realizado en 2016 un estudio que tuvo como propósito la estimación de un modelo de regresión espacial lineal generalizado de distribución Poisson que permitió explicar el comportamiento espacio-geográfico de la malaria para el departamento de Chocó. Los mapas de probabilidad fueron resultado de técnicas de estadística espacial en datos tipo Lattice tales como criterios de figuras, distancias y de contigüidad física, con el fin de determinar la existencia de una relación espacial de la enfermedad en mención. Para verificar dicha autocorrelación espacial entre los municipios del departamento de Chocó se realizó basado en la interacción estadística de variables sanitarias, ambientales y demográficas como la población de cada municipio. Sin embargo, fue necesario realizar un proceso de anamorfosis gaussiana para garantizar la normalización de los datos en tasas de morbilidad estandarizada (SMR) y así identificar la estructura estadística de los datos que para este año fueron provenientes de una distribución Poisson. El estudio permitió identificar autocorrelación espacial positiva en algunos municipios del Chocó como Paimadó, Istmina y Tadó donde la malaria tiene mayor probabilidad de ocurrencia por su cercanía municipal de acuerdo con la relación física de ciertas variables del estudio (*Hurtado et al., 2018*).

5. METODOLOGÍA

5.1. TIPO DE TRABAJO

La presente investigación es de tipo descriptivo dado que se detalla la dinámica espacial del vector Malaria en el departamento del Chocó, mediante la aplicación de técnicas que permiten analizar resultados de carácter descriptivo de cada una de las variables aplicadas, tal como el número de eventos reportados en cada uno de los municipios, la población afectada y la accesibilidad a los centros de salud.

El enfoque es de tipo cuantitativo, porque se utilizan y se manipulan datos de las enfermedades reportadas ante el instituto nacional de Salud (INS) durante el periodo de 2009 al 2019, en el que se pretende describir de qué forma se distribuyen temporalmente las patologías del vector de malaria en el espacio del área de estudio; por lo tanto es imprescindible la variable de los eventos o casos para el logro de los objetivos del proyecto de investigación. El método de la investigación es de carácter deductivo, dado que se parte de las características generales del fenómeno en este caso de los eventos o enfermedades reportadas de la malaria hasta el caso particular de cada uno de los municipios del departamento del Chocó.

5.2. PROCEDIMIENTO

5.2.1. Fase 1. Revisión bibliográfica.

Consistió en la revisión de bibliografía que se enfatiza en el uso de las herramientas de análisis espacial para analizar geográficamente los eventos o fenómenos de salud, y referencias de estudios acerca de la malaria y los GIS.

5.2.2. Fase 2. Recolección de datos.

Para el desarrollo del primer objetivo de la investigación se realizó la respectiva solicitud de información a la secretaría de Salud Departamental del Chocó, la cual suministraron los datos referentes a los eventos reportados de las enfermedades del vector Malaria para los años de 2009 al 2019 a escala Municipal. De igual manera, para el empleo de las técnicas de análisis espacial fue necesario descargar el software Libre SIG GEODA, la cual permite aplicar e interpretar la autocorrelación espacial del fenómeno de estudio. Las capas geográficas del proyecto fueron obtenidas a través de datos abiertos del GeoPortal del DANE y del IGAC para los años 2017 como fecha de publicación de las capas geográficas.

Para el desarrollo de los índices como el IPA fue necesario recolectar información secundaria como el censo Poblacional para el 2018 con proyección al 2019 (Censo Nacional del DANE). Así mismo, los datos necesarios para el análisis de la accesibilidad a los centros de salud correspondiente al segundo objetivo específico, consistió en la utilización de las capas geográficas descargadas de datos abiertos del IGAC a escala 1:100.000, especialmente la de clasificación vial. Además de esto, fue necesario localizar los centros de salud de Primer y Segundo Nivel, los cuales se descargaron desde el Registro de entidades prestadoras de salud (REPS) y se espacializaron en Google Earth (Ver tabla 1).

Tabla 1. Operacionalización de Variables

Operacionalización de Variables				
Objetivos	Variables	Indicadores	Fuente de Datos	Resultado
Describir la tendencia del vector de la malaria mediante técnicas de análisis espacial en los municipios del departamento de Chocó durante el periodo 2009-2019	Dinámica espacial de los vectores de Malaria: Falciparum, Vivax, Mixta y Malarie	- Test de Moran I - IPA (Índice Parasitario Anual)	Instituto Nacional de Salud. Secretaria de Salud del departamento del Chocó	Mapa de distribución espacial de los diferentes tipos de Malaria para el periodo de 2009 al 2019. Mapa del Índice Parasitario Anual para el periodo 2009-2019
Identificar la accesibilidad a los centros de salud y capacidad instalada concerniente a la malaria en el territorio Chocoano	Acceso a los equipamientos de Salud de Primer y Segundo Nivel	-Accesibilidad relativa -Tiempo medio de recorrido	IGAC REPS	Mapa de Accesibilidad relativa a los centros de salud. Mapa de tiempos medios de recorrido.
Diseñar una base de datos que pueda ser actualizada de forma periódica y que sea visible mediante en el aplicativo sig "SIGCHOCO-MALARIA	Base de datos con los respectivos índices, eventos y accesibilidad.	Eficiente estructuración de la base de datos una vez compartida en el aplicativo.	IGAC, REPS, Grupo de trabajo	Aplicativo SIG que muestra los índices desarrollados en el estudio.

Fuente: Elaboración Propia

5.2.3. Fase 3. Tratamiento de los datos.

Para el análisis Multitemporal del Vector de la malaria en el área de estudio, fue necesario la aplicación de ciertos índices que permiten analizar espacialmente la dinámica de la enfermedad y su incidencia en cada uno de los municipios del departamento del Chocó, por lo tanto, en este apartado se hace un detalle exhaustivo de cada uno de los índices desarrollados:

Índice de Autocorrelación Espacial (Test de Moran I) (*Celemín, 2009*) el índice de AE es un procedimiento intrínsecamente geográfico que identifica el comportamiento de la información georreferenciada a diferentes escalas para evaluar el tipo de asociación existente entre unidades espaciales vecinas. La medición de la correlación que una misma variable tiene en diferentes unidades espaciales contiguas en una perspectiva horizontal da lugar a una de estas tres posibilidades:

- ❖ Autocorrelación espacial positiva: las unidades espaciales vecinas presentan valores próximos. Indica una tendencia al agrupamiento de las unidades espaciales.
- ❖ Autocorrelación espacial negativa: las unidades espaciales vecinas presentan valores muy disímiles. Indica una tendencia a la dispersión de las unidades espaciales.
- ❖ Sin autocorrelación: no ocurre ninguna de las dos situaciones anteriores. Por lo tanto, los valores de las unidades espaciales vecinas presentan valores producidos en forma aleatoria.

De acuerdo a *Celemín*, los índices de AE permiten relacionar en forma conjunta la dependencia entre localizaciones y valores de variables o atributos que interesan y resultan muy adecuados para observar la configuración espacial fragmentada propia de nuestros tiempos. Generalmente en la mayoría de los análisis de AE se consideran las relaciones de vecinos próximos. Si se piensa que las áreas espacialmente referenciadas que se están analizando son cuadradas, habrá por lo menos cuatro vecinos que comparten un borde en cada lado del cuadrado, Asimismo podrá haber ocho puntos que limitan con los vértices del cuadrado en cuestión. Es decir, cuando se tiene en cuenta este tipo de contigüidad en el caso de los cuatro elementos que comparten borde se habla de tipo Rook y cuando se habla de los ocho vecinos es de tipo Queen y por último cuando se hace referencia solamente a los vecinos contiguos por el vértice se denomina Bishop. Todo esto se relacionan igual que un tablero de ajedrez.

Figura 3. Tipos de Contigüidad



Fuente: Celemín 2009

Por lo tanto, esta contigüidad es necesaria para analizar el índice de AE, y una vez aplicado este índice señalará la concentración o dispersión de los valores de una variable, mediante la siguiente formula:

$$I = \frac{n}{\sum_{i=1}^{i=n} \sum_{j=1}^{j=n} W_{ij}} \cdot \frac{\sum_{i=1}^{i=n} \sum_{j=1}^{j=n} W_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^{i=n} (x_i - \bar{x})^2}$$

Donde n significa el número de las unidades espaciales, W_{ij} es la matriz de distancias que define áreas o puntos geográficos, i y j, son o no vecinos. Este coeficiente I se sujeta a una prueba de significancia estadística de valores Z, es decir, con el supuesto de una distribución normal (Cliff y Ord, 1981; Goodchild, 1987); citados en (Vilalta Perdomo, 2008). Con este supuesto el coeficiente de Autocorrelación espacial de Moran varía entre los valores de -1 a 1 siendo el primer valor una autocorrelación negativa es decir una perfecta dispersión y el segundo una autocorrelación positiva representando una perfecta concentración.

Cuando el valor de la probabilidad (P) es muy próximo a 0 y el valor de la desviación estándar (D) es muy alejado, indicando el rechazo de la hipótesis nula.

Índice de Moran > 0 = Concentración (valores positivos)

Índice de Moran < 0 = Dispersión (valores negativos)

El test de Moran I es conocer qué tipo de distribución presentan los datos, así se sabrá si es dispersa, aleatoria o si se concentra en determinada zona. Asimismo, analiza los patrones de distribución de las entidades. Partiendo de la hipótesis Nula, los valores se distribuyen aleatoriamente, teniendo en cuenta los valores "P" y "Z", se indicará si se cumple o se rechaza la hipótesis.

Índice Parasitario Anual (IPA)

El Índice Parasitario Anual de Malaria expresa la relación de los casos de malaria y la población que vive en zonas de riesgo. Da cuenta de la probabilidad de contraer la enfermedad entre la población en riesgo (*Asivamosensalud, 2020*). Para la obtención de este índice es necesario utilizar la siguiente ecuación:

$$\text{IPA} = \frac{\text{Nuevos Casos reportados}}{\text{Población bajo vigilancia}} * 1000$$

Accesibilidad Relativa

La Accesibilidad relativa se considera como la mayor o menor facilidad para acceder de un lugar a otro, teniendo en cuenta el tiempo de recorrido por las condiciones en que se han realizado los desplazamientos (*Sánchez-Mateos, 2012*), se basa en la impedancia ideal entre los nodos de origen y destino, es decir, los centros poblados y los equipamientos de salud de primer y segundo nivel localizados en el departamento del Chocó. El cálculo se realiza entre la diferencia de la impedancia real empleada según las velocidades para cada tipo de vía y la impedancia ideal el cual toma la velocidad máxima para toda la malla vial cuya expresión matemática es la siguiente:

$$IA_i: \sum_{j:1}^n \left(\frac{IR_{ij}}{II_{ij}} \right)$$

Donde:

IA: Índice de Accesibilidad de los Centros Poblados i

IRij: Impedancia Real a través de la red entre las poblaciones i y j

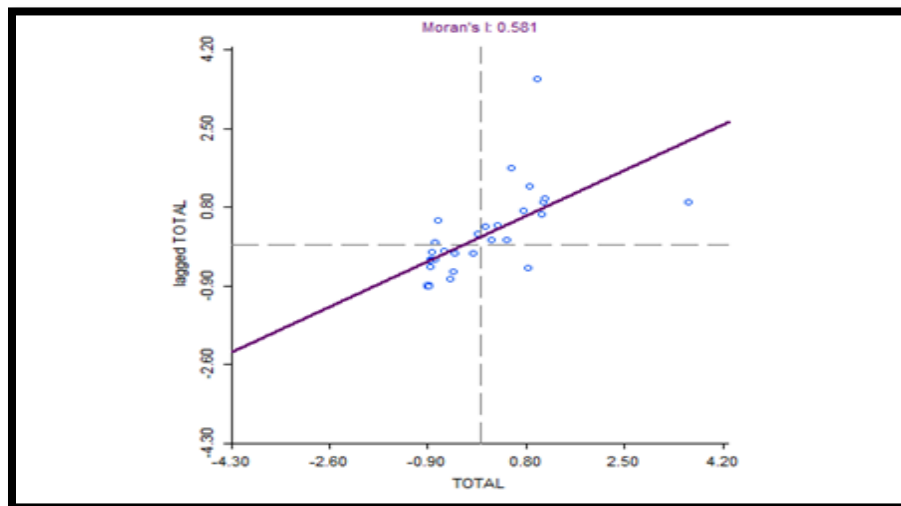
IIj: Impedancia Ideal

6. RESULTADOS

6.1. TENDENCIA DEL VECTOR DE LA MALARIA MEDIANTE TECNICAS DE ANÁLISIS ESPACIAL EN EL DEPARTAMENTO DEL CHOCÓ PARA EL PERIODO DE 2009 AL 2019

De acuerdo con la información obtenida y la aplicación de las técnicas de análisis espacial para la Malaria se relacionó el Índice de Autocorrelación espacial (test de Moran I) el cual permitió conocer el comportamiento para el periodo 2009-2019 de los diferentes municipios que conforman el departamento del Chocó donde se obtuvo un valor de **0,581** señalando una autocorrelación espacial positiva, la cual expone que existe una detección de clúster localizados en el centro del grafico *Moran Scartplot*, y en donde se distribuyen los puntos entre el cuadrante I y el cuadrante III respectivamente, significando que existe agrupamientos en unidades espaciales.

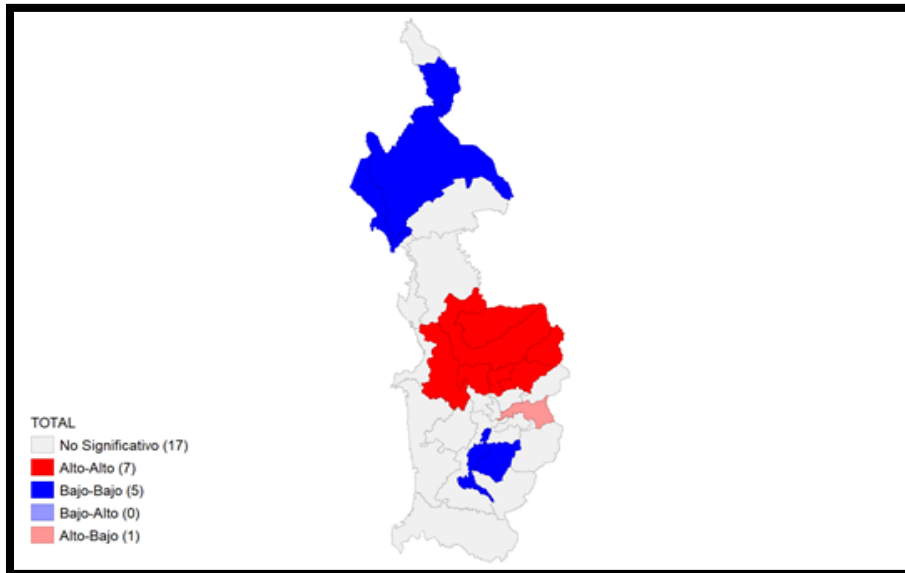
Gráfica 1. Diagrama de dispersión del Índice de Moran´s de los casos de Malaria en el departamento del Chocó periodo 2009-2019



Fuente: Elaboración Propia, datos del SIVILA 2009-2019

Es importante mencionar que el total de eventos reportados de malaria en el periodo de 10 años fue de 359.447 eventos distribuidos en los 30 municipios del departamento del Chocó, significando así que este valor corresponde a una AE de 0,581. Sin embargo, esta representatividad se logra observar en el mapa que arroja el software en donde demuestra los valores en tonalidades azul y rojas correspondientes a los cuadrantes del gráfico de Moran I.

Figura 4. Test de Moran's I de los eventos de Malaria en el departamento del Chocó 2009-2019



Fuente: Elaboración Propia, datos del SIVILA 2009-2019

Como resultado los cuadrantes I y III del gráfico resalta los valores Alto-Alto y Bajo-Bajo, mostrando que las unidades espaciales se detectan en clúster y agrupamientos; es decir los municipios resaltados en la tonalidad roja muestran una AE con valores superiores a la media, es decir la relación de los números de eventos es Alto-Alto y estadísticamente es conocido como un Hot Spot. Geográficamente

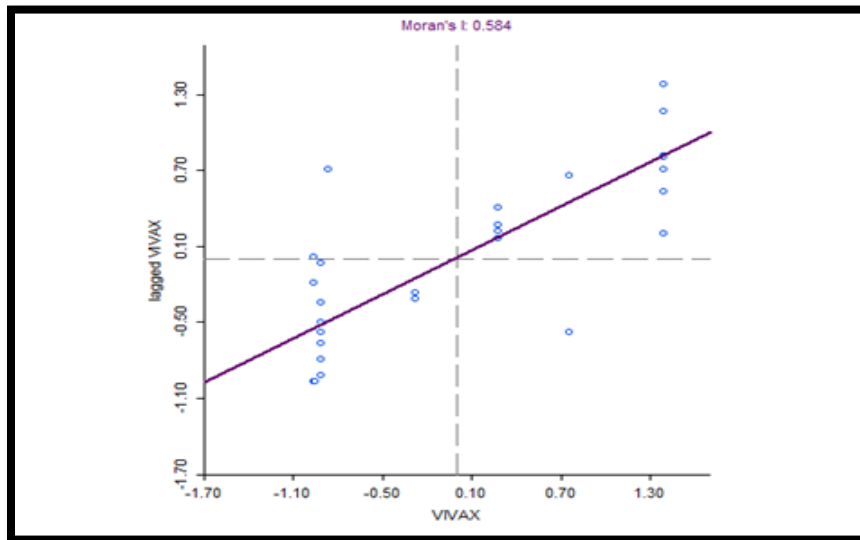
este Hot Spot abarca los municipios de Quibdó, Lloró, Medio Atrato, El Carmen de Atrato, Atrato, Río Quito, Cantón de San Pablo y Alto Baudó. Este resultado demuestra que para el periodo de 10 años la tendencia entre el número de eventos reportados ha sido alta, con eventos superiores a 25.000 casos, y significando que el clúster de los eventos de la malaria presente en el departamento del Chocó se origina en el centro del territorio Chocoano.

Asimismo, los valores Bajo-Bajo correspondientes a la tonalidad azul, tiene un grado de significancia de un análisis multivariado, la magnitud de eventos es mínima en comparación a los de tonalidades altas. Esta tendencia Bajo- Bajo es importante cuando se compara con la Alto-Alto porque discrimina inmediatamente los clústeres de las aglomeraciones de cualquier variable. Por lo tanto, para el periodo de 10 años los municipios del departamento del Chocó que presentan baja variabilidad en los casos reportados son: Ungía, Riosucio, El Carmen del Darién y Juradó siendo estadísticamente un *Cold Spot*. Geográficamente esta baja variabilidad de los eventos de malaria se localiza en el Norte del departamento del Chocó y representan un numero de eventos menores a 1.500.

Por otra parte, para analizar la tendencia del vector de la malaria en el periodo de 10 años, es necesario observar que tipo de malaria es la que más incide en el departamento del Chocó. Dado esto, fue necesario aplicar el test de Moran I para cada tipo de malaria como: Mixta, Vivax, Malarie y Falciparum, teniendo en cuenta el total de casos para el periodo del 2009 al 2019.

6.1.1. Malaria tipo VIVAX

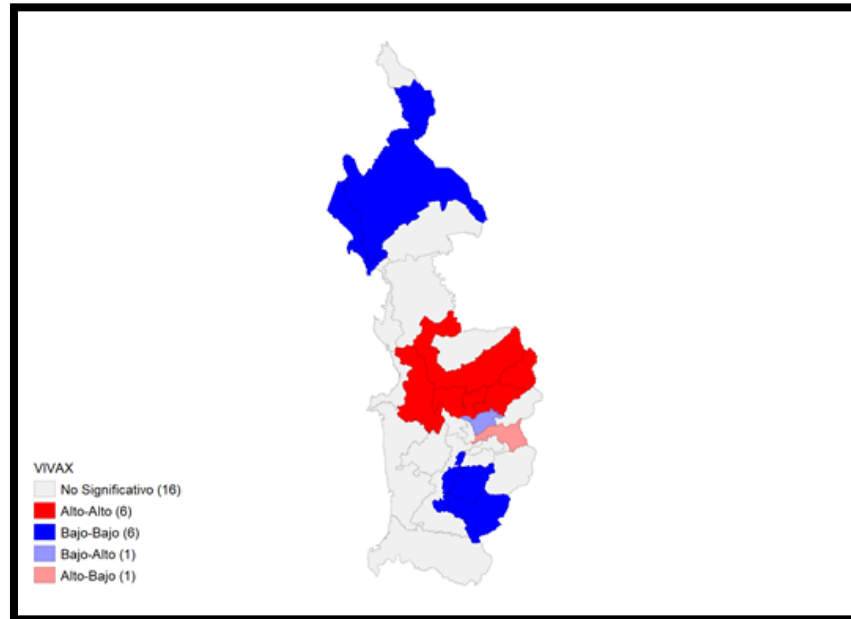
Gráfica 2. Diagrama de dispersión del Índice de Moran's de los casos de Malaria Tipo VIVAX en el departamento del Chocó período 2009-2019



Fuente: Elaboración Propia, datos del SIVILA 2009-2019

El gráfico muestra una auto correlación espacial de los datos en relación con el número de casos de malaria tipo Vivax para el periodo 2009-2019 debido a que la mayor cantidad de valores en los datos se encuentran agrupados principalmente en el cuadrante I y III respectivamente; se puede apreciar que la mitad de la información presenta valores altos y relacionados con vecinos con valores altos, lo que corresponde a que el fenómeno de la malaria esté altamente agrupado en el espacio geográfico; sin embargo, en el cuadrante III se presenta el efecto contrario conocido con *colds spots*, pero ambos escenarios muestran una autocorrelación espacial en los datos analizados debido que el índice se encuentra en 0.584.

Figura 5. Test de Moran's I de los eventos de Malaria Tipo VIVAX en el departamento del Chocó 2009-2019



Fuente: Elaboración Propia, datos del SIVILA 2009-2019

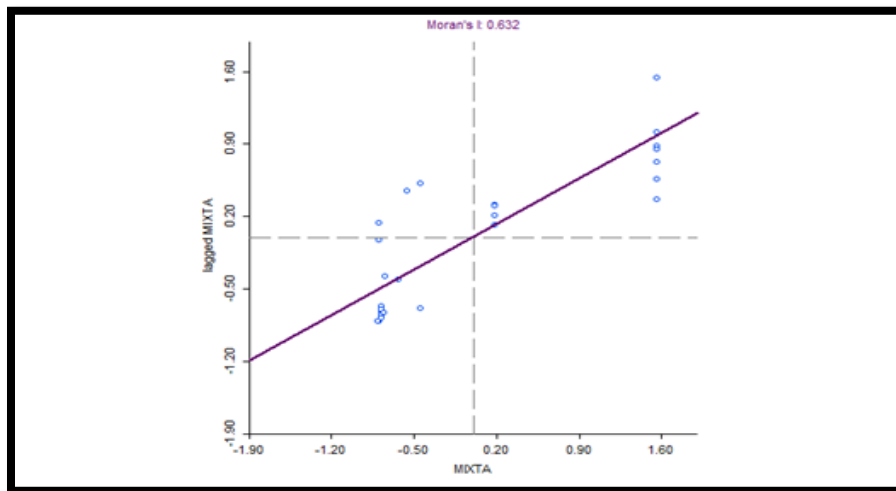
En la Figura 5, se evidencia que la zona céntrica del departamento del Chocó es donde se presenta el mayor número de casos de Malaria tipo VIVAX durante el periodo analizado (2009-2019), donde se localizan los municipios de Quibdó, Alto Baudó, Rio Quito, Atrato, Lloró y Carmen del Atrato, otra zona en la cual se hace una comparación significativa en términos de autocorrelación espacial es la referencie a los municipios del norte y sur del departamento del Chocó con casos bajo para Malaria Tipo VIVAX donde se localizan los municipios de Rio Sucio, Juradó, Unguia, estos para la zona norte, en la zona sur se encuentran Medios San Juan, Novita y Sipi.

6.1.2. Malaria tipo MIXTA

El Grafico 3. Muestra que el índice de Moran's para la malaria tipo mixta en el departamento del Chocó presenta una AE los valores en los datos se encuentran en los cuadrantes I y III, lo que representan valores altos con vecinos altos al igual

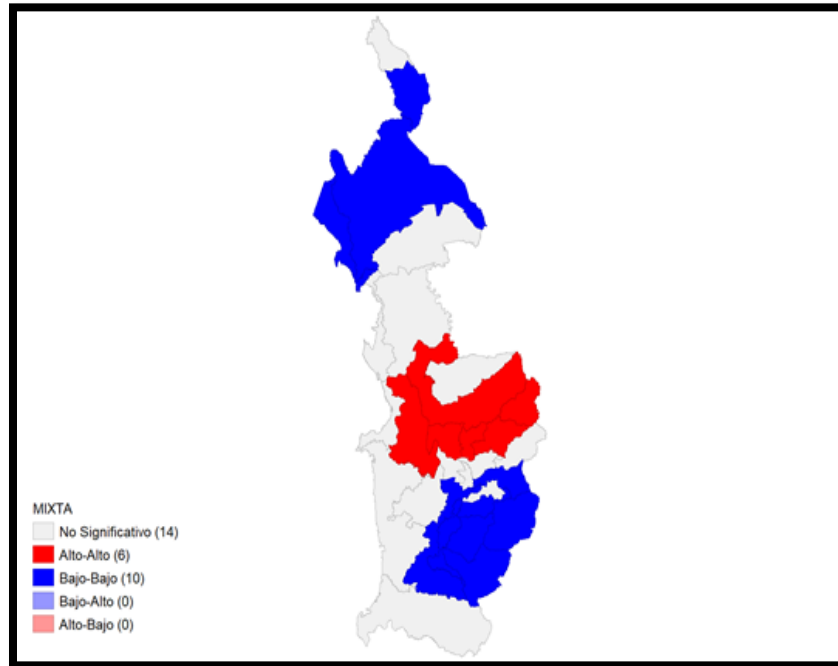
que situaciones referidas a COLDSPOT, permitiendo detectar clústeres. Y obteniendo un índice de 0.632

Gráfica 3. Diagrama de dispersión del Índice de Moran's de los casos de Malaria Tipo MIXTA en el departamento del Chocó período 2009-2019



Fuente: Elaboración Propia, datos del SIVILA 2009-2019

Figura 6. Test de Moran's I de los eventos de Malaria Tipo MIXTA en el departamento del Chocó 2009-2019



Fuente: Elaboración Propia, datos del SIVILA 2009-2019

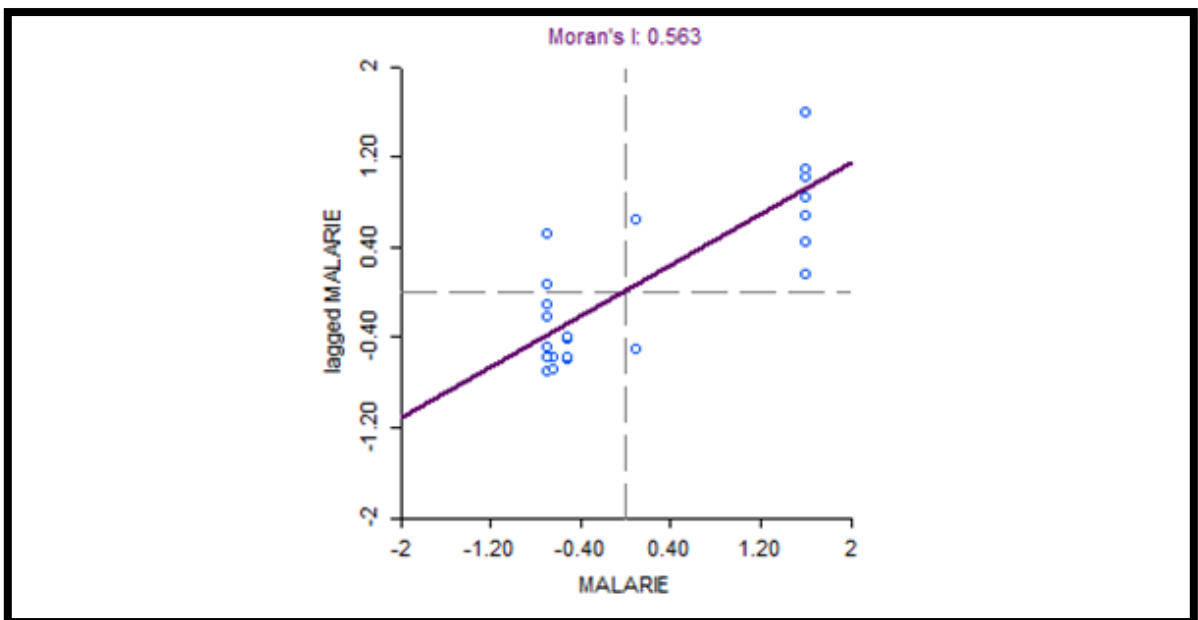
La figura 6, Muestra la existencia de una concentración de casos de Malaria tipo Mixta en la zona céntrica del departamento del Chocó, en los cuales se localizan los municipios de Quibdó, Alto Baudó, Rio Quito, Atrato, Lloró y Carmen de Atrato, los cuales tienen el mismo patrón de comportamiento que el tipo Vivax relacionado con el índice AE Alto - Alto para esta zona en el departamento, que quiere decir recurrencia en la distribución de la enfermedad en la misma zona geográfica.

Igualmente se puede apreciar que, para el índice Bajo-Bajo, que significa AE de vecindades, se encuentra un valor considerable de casos al norte del departamento específicamente en los municipios de Rio sucio, Unguia y Juradó; así como también se destacan un gran número de municipio de la región del San Juan como son Istmina, Medio San Juan, Condoto, Novita, San José del Palmar, Sipí y Tadó.

6.1.3. Malaria tipo MALARIE

Para el tipo de Malaria Malarie, se puede apreciar en el gráfico de Moran que la AE es de 0.563 para el periodo de 10 años. Conforme al grafico la distribución se encuentra en los cuadrantes I y III respectivamente, sin embargo, hay valores por fuera de esos dos cuadrantes significando que la incidencia de este vector *Malarie* fue muy baja en algunos municipios o poco significativo con respecto a los demás.

Gráfica 4. Diagrama de dispersión del Índice de Moran's de los casos de Malaria Tipo MALARIE en el departamento del Chocó periodo 2009-2019



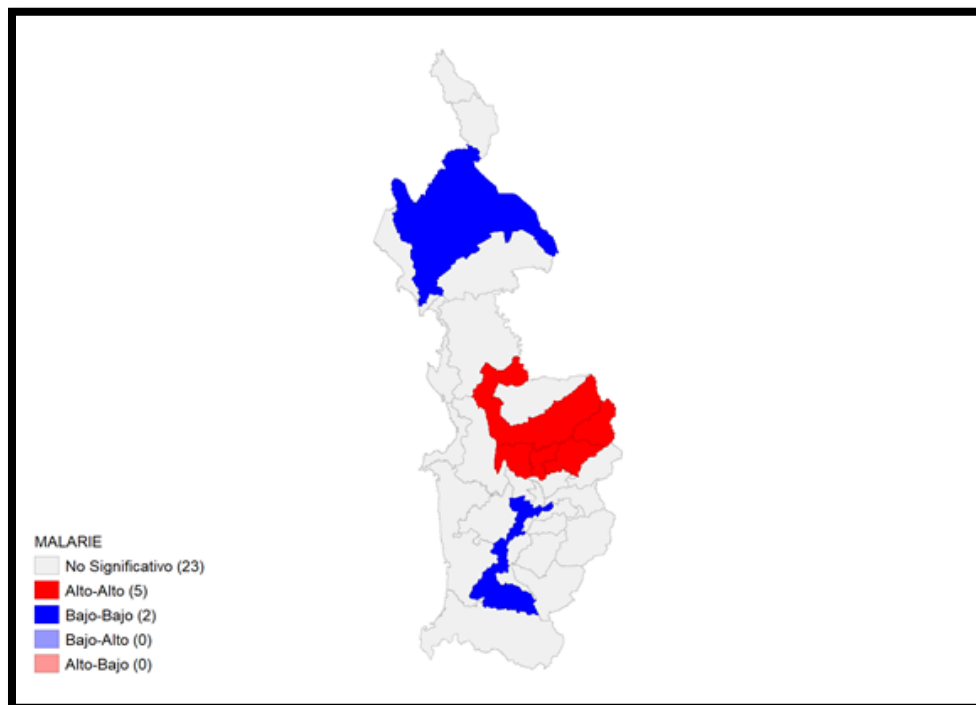
Fuente: Elaboración Propia, datos del SIVILA 2009-2019

Sin embargo, es importante denotar que los valores del cuadrante I se encuentran alejados del centro del gráfico, significando que el peso o mayor concentración del evento se dan en el cuadrante I, Alto-Alto. Los municipios que cuentan con esta alta AE se pueden apreciar en la figura 7, donde se resaltan de color rojo,

correspondiendo a 5 municipios del departamento del Chocó: Quibdó, El Carmen de Atrato, Lloró, Atrato y Rio Quito.

La menor incidencia o significancia con respecto a la AE de la Malaria, se da en 2 municipios, Riosucio e Istmina, de tal manera que en el periodo de estudio si tuvo algunos eventos, pero no significativos como los del centro del departamento del Chocó.

Figura 7. Test de Moran's I de los eventos de Malaria Tipo MALARIE en el departamento del Chocó 2009-2019



Fuente: Elaboración Propia, datos del SIVILA 2009-2019

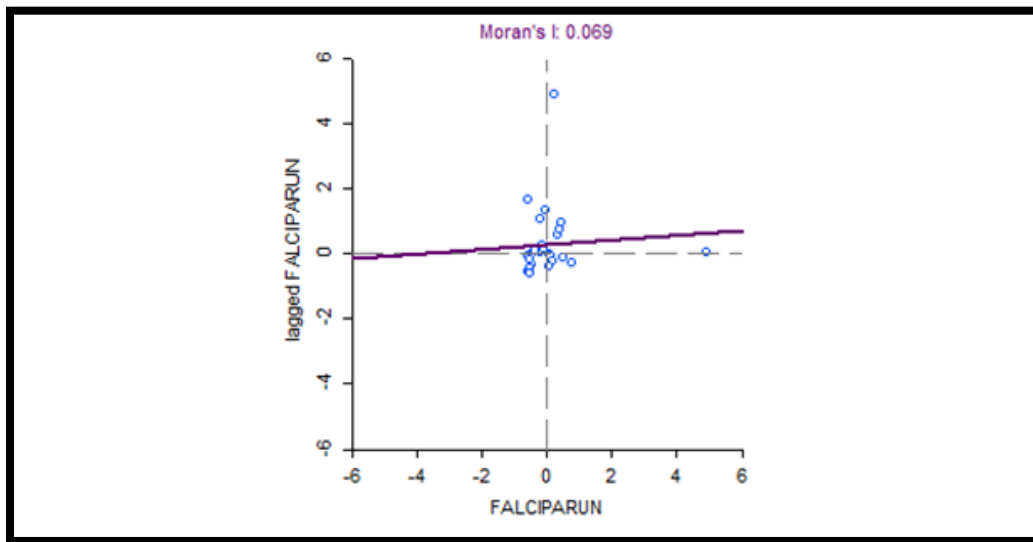
6.1.4. Malaria tipo FALCIPARUM

La Malaria de tipo Falciparum para el periodo de 10 años representa una AE muy distinta a las anteriores, su nivel de significancia es relativamente bajo en

comparación con la Mixta, Malarie y Vivax, con un valor de 0.069 conforme al test de Morans. Su nivel de AE se denota en el cuadrante I y IV, Alto-Alto y Bajo-Bajo.

El grafico 5 muestra que los valores se encuentran en el centro de los cuadrantes y esto corresponde a poca significancia en la AE, donde solo 4 municipios de 30 tienen valores Alto-Alto tales como Quibdó, Medio Atrato, Alto Baudó y Rio Quito.

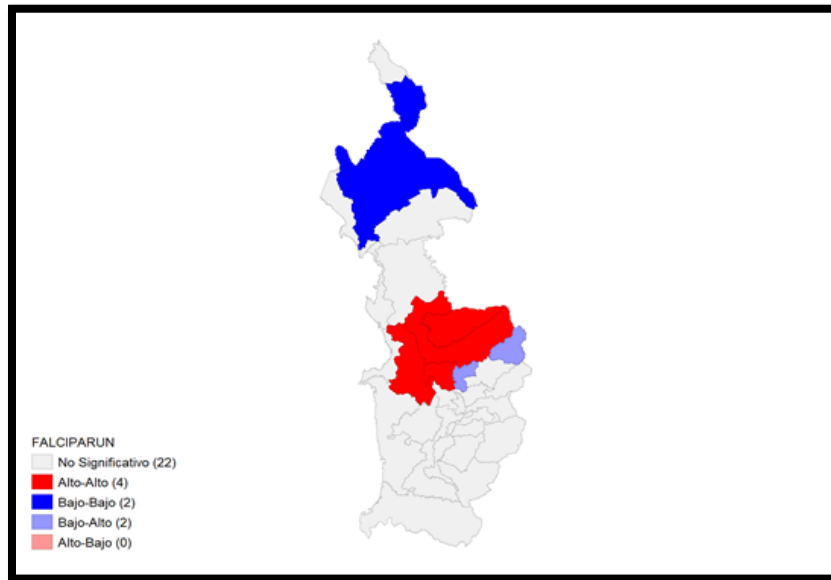
Gráfica 5. Diagrama de dispersión del Índice de Moran's de los casos de Malaria Tipo FALCIPARUN en el departamento del Chocó período 2009-2019



Fuente: Elaboración Propia, datos del SIVILA 2009-2019

Sin embargo, en el periodo se dieron algunos eventos significativos, pero no altos en 2 municipios del departamento con respecto a este tipo de Malaria, tales como El Carmen de Atrato y Atrato.

Figura 8. Test de Moran's I de los eventos de Malaria Tipo FALCIPARUN en el departamento del Chocó 2009-2019



Fuente: Elaboración Propia, datos del SIVILA 2009-2019

También, con una autocorrelación Baja-Baja solo fueron 2 municipios en el norte del departamento, como Ungía y Riosucio.

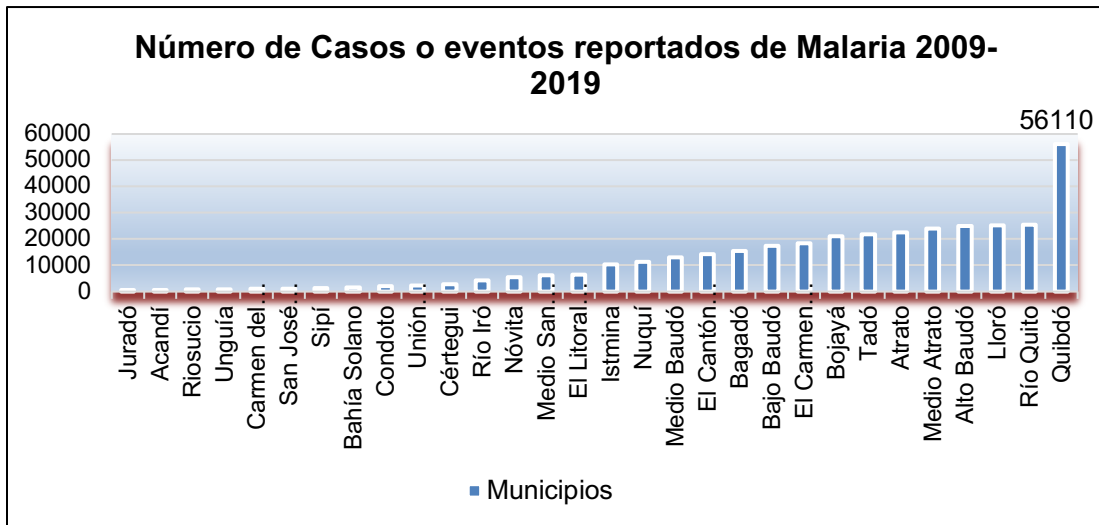
En conclusión y conforme a las características de cada tipo de Malaria para el periodo de los 10 años en el departamento del Chocó como resultado del análisis de AE, se identifica como positiva indicando una la existencia de una concentración de eventos de Malaria y sobre todo localizados en el centro del departamento.

Sin duda alguna el presente trabajo incorpora una metodología que para el territorio chocoano es novedosa de acuerdo con la búsqueda activa que se ha realizado en esta investigación, debido a que en el departamento para temas de malaria no se habían utilizado métodos de relación de vecindad como lo plantea el test de Moran't; sin embargo, en el estudio realizado por (Páez, D. y Ortiz M, 2017), utilizan mismo método de Moran't para la subregión del Bajo Cauca en el departamento de Antioquia. Este estudio produjo resultados de autocorrelaciones espaciales positivas, señalando la existencia de *clusters* o agregación espacial de casos de malaria a escala municipal, logrando identificar de esta manera patrones de concentración para el departamento de Antioquia, de forma similar como se muestra en este estudio para el departamento del Chocó. Cabe resaltar que en la presente investigación se logra un valor agregado en la aplicación del test de Moran't el cual consiste la inclusión de los cuatro tipos de malaria en los diferentes municipios del Chocó, los cuales no fueron contemplados en el estudio de (Páez, D. y Ortiz M, 2017).

6.1.5. Índice Parasitario Anual (IPA) de los eventos reportados de Malaria en el departamento del Chocó para el periodo 2009 al 2019.

El Índice Parasitario Anual muestra la existencia de focos de representativos, teniendo en cuenta la población en riesgo de contagio, es decir la probabilidad que tiene la población para contraer la enfermedad. Por esta razón, teniendo en cuenta la población proyectada para el año 2019 y el número de eventos reportados para el periodo de 10 años, como resultado de un total aproximadamente 350,000 casos un de IPA de 28,469 por cada 1000 habitantes.

Gráfica 6. Número de Casos o eventos reportados de Malaria 2009-2019



Fuente: Elaboración propia, basado en el reporte de casos de Malaria

Los valores más altos del IPA registrados en el departamento del Chocó para el periodo de estudio, se denotan en la figura 9, resaltados de tonalidades rojas, estos corresponden al municipio de Atrato con un número de eventos de 22,443 y con un IPA de 3,652 casos por cada 1000 habitantes. Asimismo, le sigue el municipio de Río Quito con 25,494 eventos reportados y con un IPA de 3,051 casos por cada 1000 habitantes. Le sigue el municipio de Lloró con aproximadamente 25,256 eventos y con IPA de 2,564 casos por cada 1000 habitantes; El municipio El Carmen de Atrato cuenta con 2247 casos por cada 1000 habitantes y el Medio Atrato con 2200 casos por cada 1000 habitantes respectivamente. Es necesario destacar que la mayor población de población se concentra en los municipios del centro oriental del departamento, teniendo mayor probabilidad de casos por habitantes.

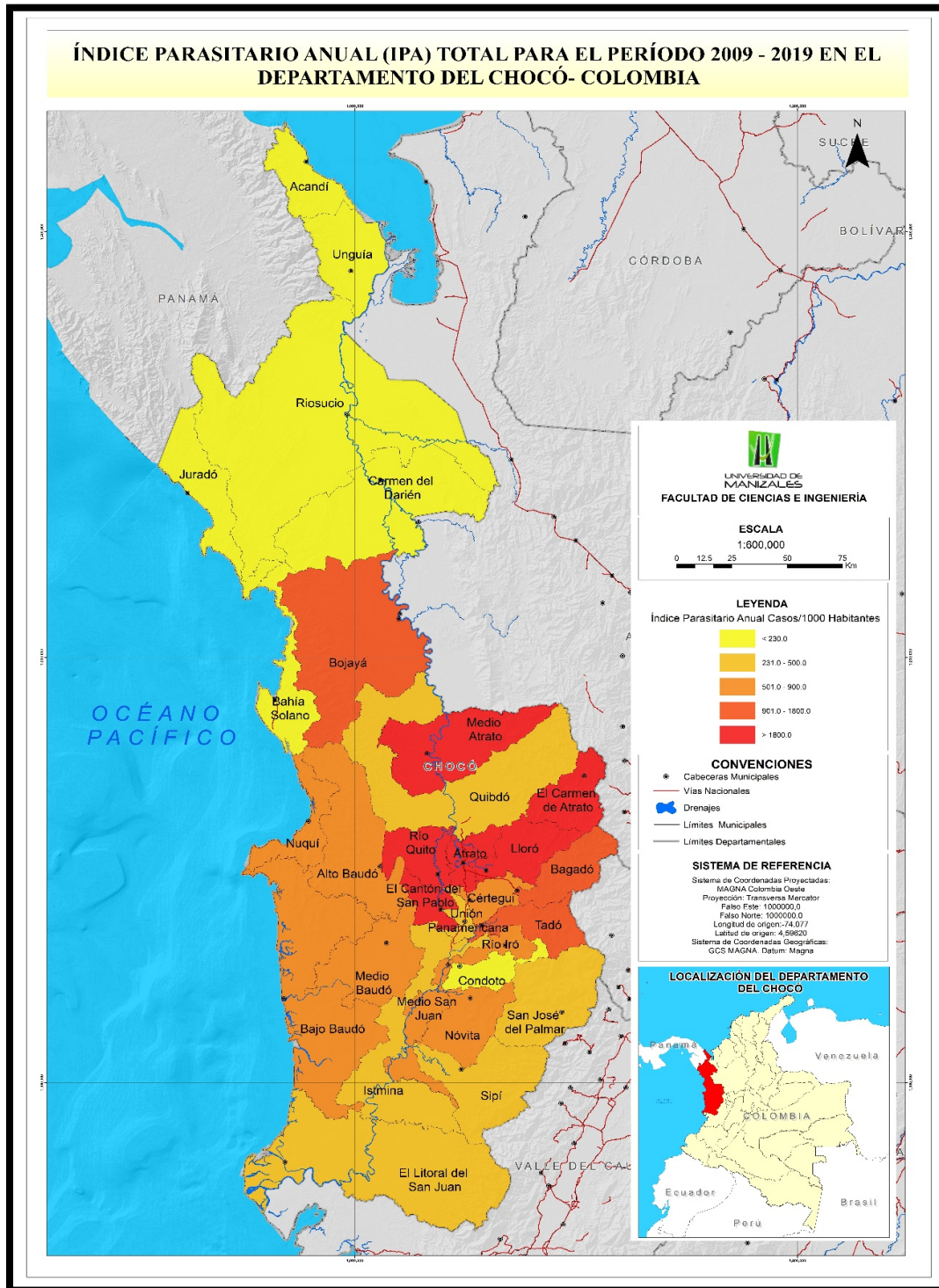
Del mismo modo se encontró que los municipios de Bojayá localizado hacia el Norte del departamento y Bagadó y Tadó hacia el centro oriente chocono, una probabilidad de contagio aproximadamente de 901 a 1,800 casos por cada 1,000 habitantes.

Los Municipios con un Índice Parasitario Anual entre 501 y 900 casos por cada 1000 habitantes aproximadamente son: Alto Baudó, Medio Baudó, Bajo Baudó y Nuquí localizados en el extremo pacifico del departamento, así mismo en el mismo rango los municipios de Novita, Medio San Juan, Río Iró y Cérteguí

Con un rango entre 231 hasta 500 casos por cada 1,000 habitantes, se encuentran los municipios ubicados hacia el sur del departamento chocoano tales como: Istmina, El Litoral del San Juan, Sipí y San José del Palmar; cabe destacar que también hace parte de este rango de probabilidad el municipio de Quibdó. Es importante resaltar que Quibdó cuenta para un periodo de 10 años con 56110 eventos reportados sin embargo su IPA es bajo debido a que el número de habitantes es inferior en comparación con los municipios de Atrato, Río Quito entre otros.

El resultado más bajo en valores del IPA corresponde a los municipios localizados en el Norte del departamento debido a su bajo número de eventos reportados para el periodo de 10 años y también a su número de población para el 2019, estos son: Acandí, Unguía, Riosucio, Carmen del Darien, Juradó y Bahía Solano con un rango menores a 230 casos por cada 1000 habitantes aproximadamente.

Figura 9. Índice Parasitario Anual (IPA) total para el período 2009-2019 en el departamento del Chocó



Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a los eventos reportados de especies parasitaria de la Malaria como: *P. Mixta*, *P. Vivax*, *P. Malarie* y *P. Falciparum* los resultados del IPA demuestra que especie parasitaria de la Malaria es la que representa más peso en el departamento del Chocó.

Conforme a esto, en la Figura 11 y 12 se observa los resultados del IPA por cada especie parasitaria de la Malaria para el periodo de 10 años. La *P. Mixta* presenta valores de IPA entre 10 a 270 casos por cada 1000 habitantes aproximadamente. Los municipios con un alto valor de población en probabilidad de riesgo a contagiarse y teniendo en cuenta los eventos reportados son: Medio Atrato, Lloró, El Carmen, Atrato y Rio Quito con valores mayores a 270 casos. Entre el rango de casos de 60 a 150 por cada 1000 habitantes corresponden a los municipios de Unión Panamericana y Bojayá. Entre los valores de 10 a 40 casos inciden los municipios de Quibdó, Tadó, Bagadó, Cértegui, Sipí y Bajo Baudó. Los municipios que representan baja incidencia con respecto al tipo de malaria *P. Mixta* son alrededor de 12 municipios tales como: Riosucio, Unguía, Acandí, Carmen del Darien, Juradó, Itsmina, Bahía Solano, Nóvita, El Litoral de San Juan, Condoto y San José de Palmar con casos inferiores a 10.

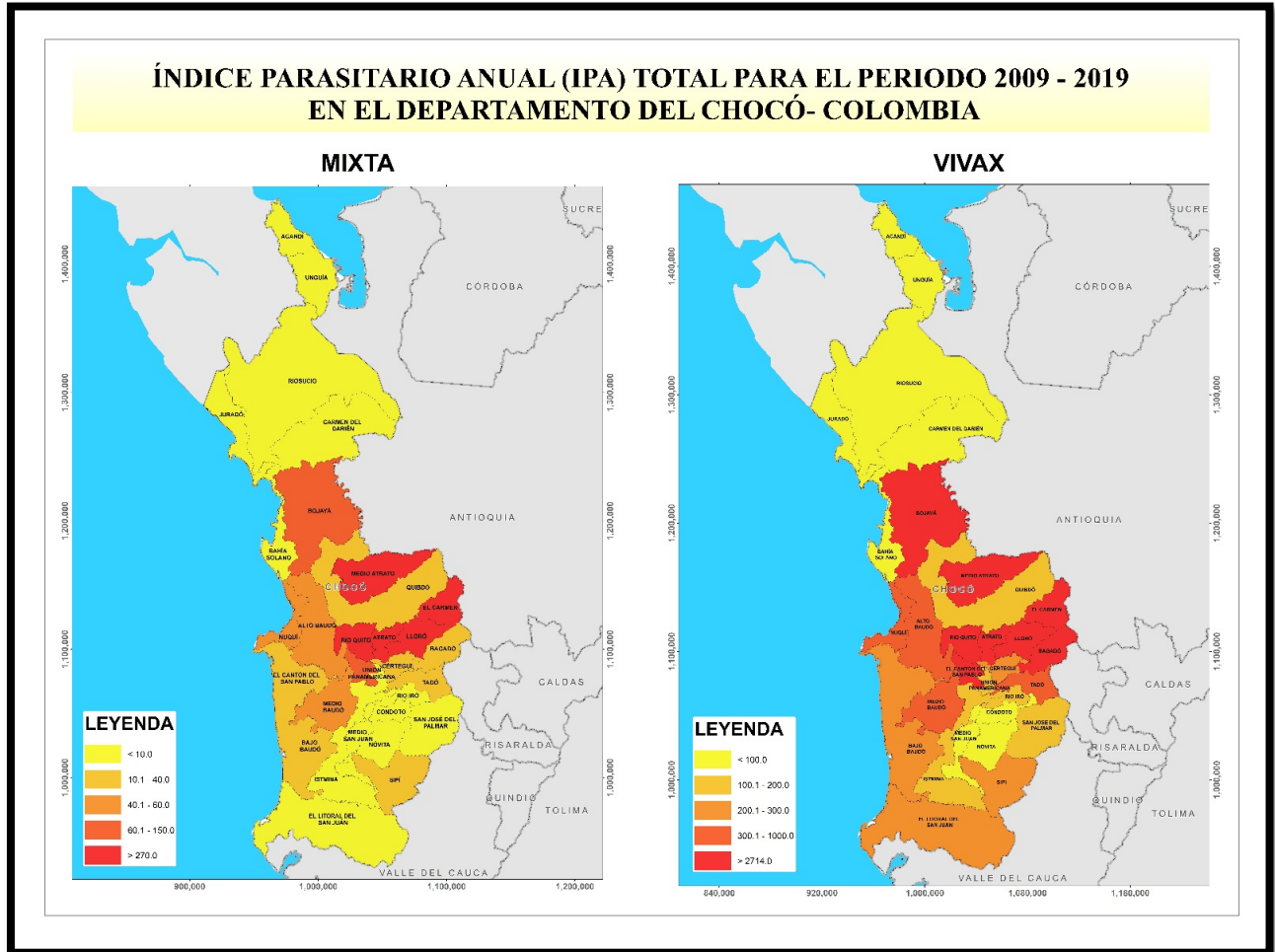
Ahora, la *P.vivax* actúa de manera distinta según el reporte de casos, con un mayor número de eventos reportados denotándose su concentración en el centro y sur del departamento del Chocó, con un rango que va desde los 100 hasta los 2740 casos por cada 1,000 habitantes, algo que no se ve incrementado con la el IPA de la *P. mixta*;

Ahora, si comparamos con países de las mismas o similares connotaciones ambientales del Chocó, tenemos a Panamá, siendo uno de los territorios que se ha visto afectado enormemente por el vector de la malaria, específicamente con la malaria tipo *Vivax*, que de acuerdo al estudio de (Cáceres, L.; Rovira J.; Torres, R.;

García, A.; Calzada, J. y De la Cruz, M., 2012) una de las regiones donde se registro el mayor número de casos se caracteriza por presentar movimientos constante de población, áreas extensas de cultivos y condiciones climáticas que propician lluvias periódicas, tal como sucede en el área de estudio.

Los municipios con valores altos del IPA corresponde a Bojayá, Medio Atrato, Atrato, Rio Quito, El Carmen, Lloró, El Cantón de San Pablo y Bagadó con más de 2,740 casos. Le sigue con valores IPA entre 300 a 1000 casos los municipios de Tadó, Medio Baudó, Alto Baudó y Nuquí. Estos últimos se localizan en la zona costera pacífica, la cual esto repercute en la migración del vector en esas zonas. Una connotación significativa ocurre con este tipo de Malaria es que su nivel de eventos reportados abarca altos números en casi todos los municipios del Chocó; Entre el rango de 200 a 300 casos por cada 1000 habitantes se encuentran: Bajo Baudó, El litoral de San Juan, Cértegui y Sipí. Riosucio, Juradó, Carmen del Darién, Acandí, Unguía, Condoto, Nóvita, Bahía Solano y Medio San Juan.

Figura 10. Índice Parasitario Anual (IPA) total para el periodo 2009-2019 en el departamento del Chocó Mixta y Vivax



Fuente: Elaboración Propia

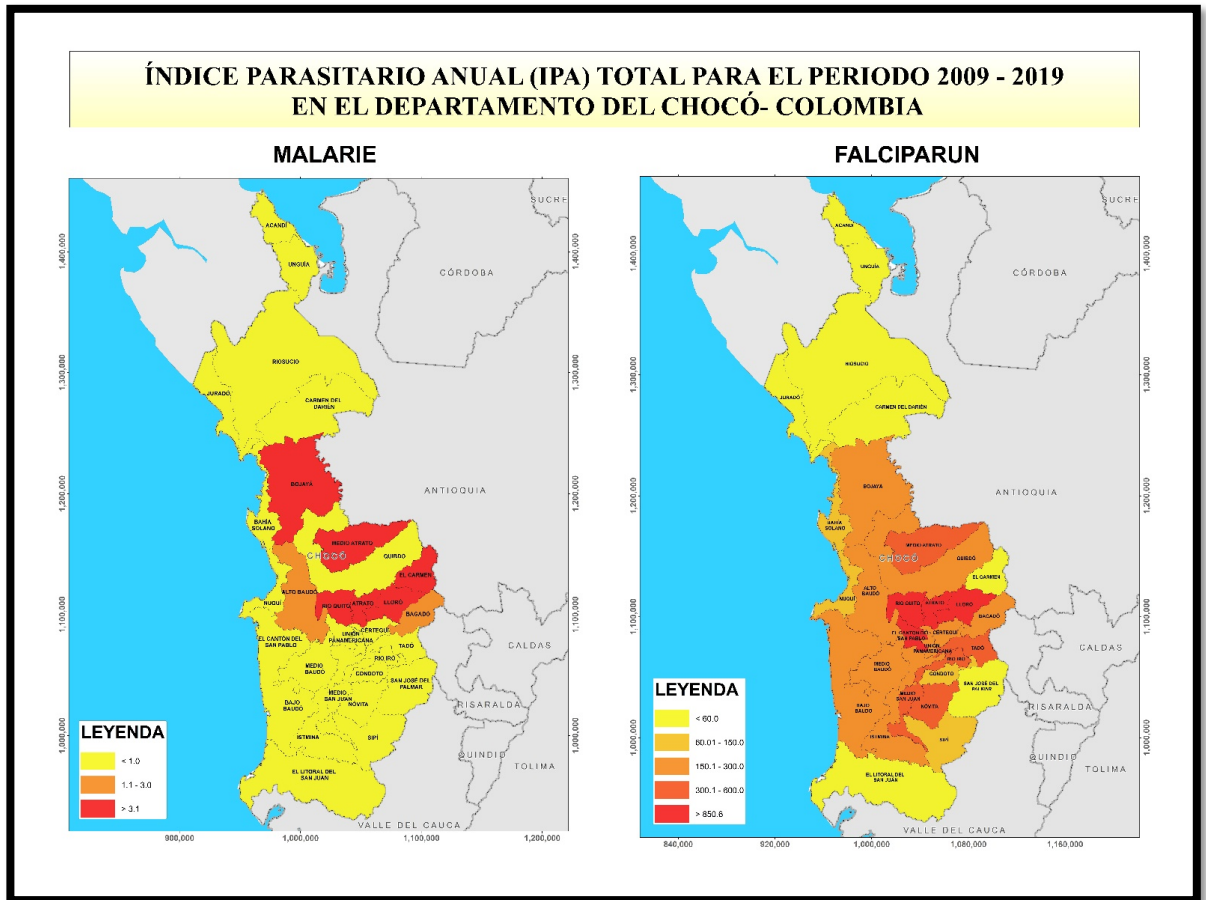
En la figura 11 se analiza P. Malarie destacando que la especie de Malaria con menor índice parasitario anual (IPA) con valores de 1.0 a 3.1 por cada 1.000 habitantes en riesgo en el departamento del Chocó durante el periodo 2009-2019 con relación a las antes analizadas; sin embargo, se puede evidenciar que la tendencia con los valores altos en el IPA se sigue presentando en los mismo municipios localizados en la región del Atrato en los que se destacan los municipios de Carmen de Atrato, Lloró, Atrato, Rio Quito, Medio Atrato y Bojayá donde se concentra la mayor población en riesgo de la enfermedad del del tipo P. Malarie. Así mismo se destaca el municipio de Alto Baudó y Bagadó como de riesgos medio con valores del IPA con un rango entre 1.1 a 3.0 casos por cada 1000 habitantes.

Para la P. Falciparun se denota un comportamiento más generalizados en el territorio en el departamento del Chocó con relación al tipo P. Malarie; Con valores en el IPA que oscilan entre 60 a 850.6 casos por cada 1.000 habitantes durante el periodo de análisis; donde los municipios de mayores riesgo con casos superiores a los 850.6 se presenta en cuatro municipios recurrentes como son Lloró, Atrato, Rio Quito, y a este grupo se le suma municipio como es el Cantón de San Pablo; igualmente se destaca otras poblaciones con riesgo moderadamente alto con valores entre 300.1-600 casos como son Atrato, Tadó, Rio Iró, Medio San Juan y Novita; en riesgo medio entre 150-300 casos se destacan los municipios de Bojayá, Quibdó, Alto, Medio y Bajo Baudó, Bagadó, Certegui, Unión Panamericana e Istmina y en riesgo bajo y bajo-bajo a este tipo de malaria por cada 1000 habitantes se encuentran los municipios de Sipí, Condoto, Nuquí, Bahía Solano, Litoral del San Juan, San José del Palmar y los municipios de la zona norte del Chocó con valores por debajo de los 150 casos.

En términos generales se puede analizar que el norte del departamento del Chocó conformado por los Municipios de Acandí, Unguia, Rio Sucio, Juradó y Carmen del Darién es la zona que presentaron menores riesgos en el número de casos por cada

1000 habitantes para los cuatro tipos de malaria durante el periodo 2009-2019 respecto al IPA con niveles bajos durante los 10 años estudiado.

Figura 11. Índice Parasitario Anual (IPA) Total para el periodo 2009-2019 en el departamento del Chocó Malarie y Falciparun



Fuente: Elaboración Propia

Conforme a lo anterior, el presente análisis del Índice Parasitario anual

6.2. ACCESIBILIDAD A LOS EQUIPAMIENTOS DE SALUD

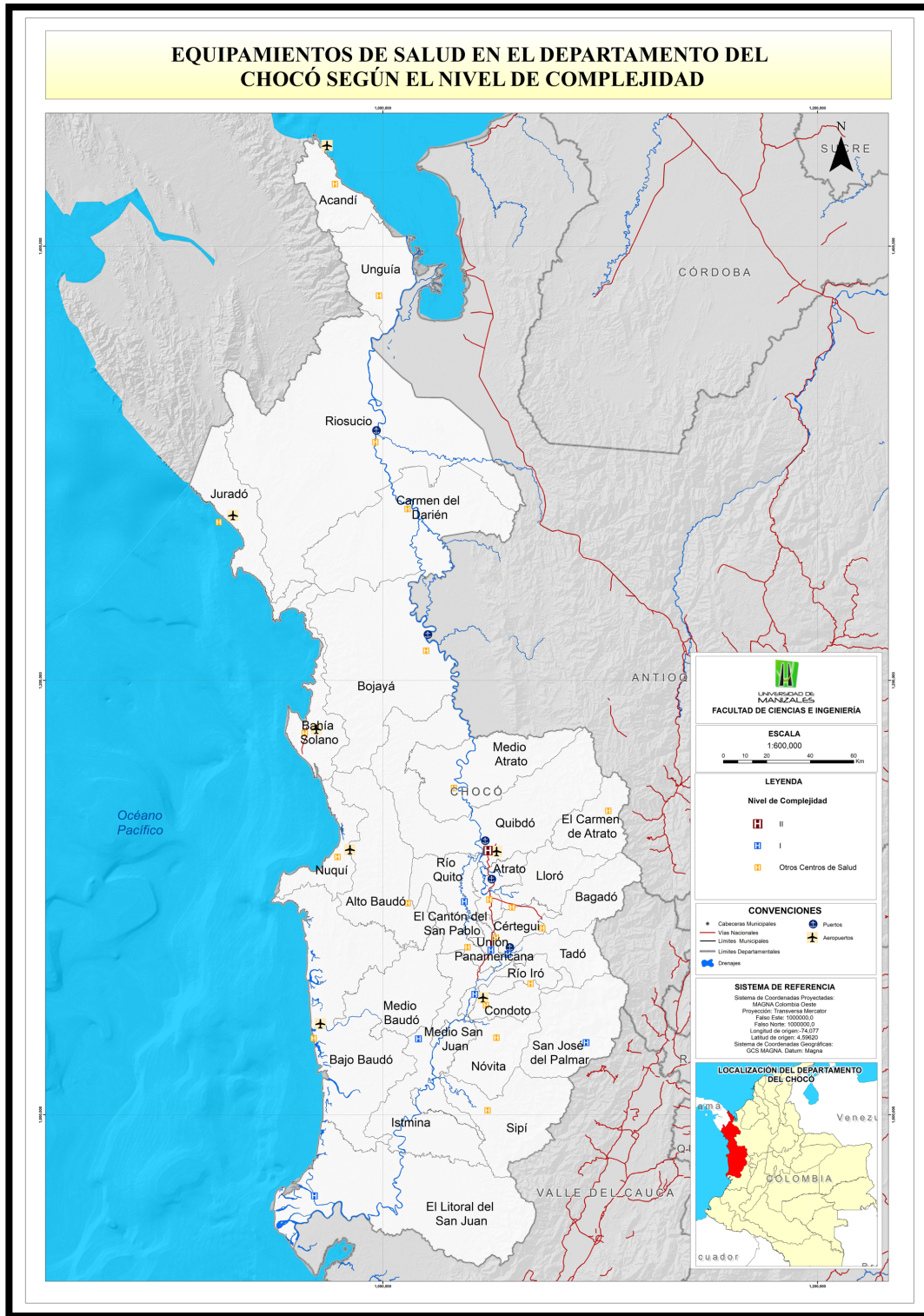
La accesibilidad a los distintos equipamientos de salud en el departamento del Chocó presenta un panorama complejo, especialmente porque para todo el departamento solo se cuenta con un hospital público de segundo (II) nivel, Hospital San Francisco de Asís localizado en Quibdó capital del Chocó; por lo tanto, los pacientes de los distintos municipios que requieren una atención especializada deben desplazarse a la ciudad de Quibdó y en su defecto si estos necesitan hospitalización en un nivel más avanzados son trasladados a otros departamentos debido a la ausencia de un hospital de tercer nivel.

En el territorio del Chocoano dispone de siete (7) hospitales de primer nivel como de muestra en la figura 12; 1) ESE Hospital San José De Condoto localizado en el municipio de Condoto, 2) ESE Hospital Eduardo Santos Istmina en el municipio de Istmina, 3) Hospital San José de Tadó en el municipio de Tadó, 4) E.S.E Hospital San Roque en el municipio del Carmen de Atrato, 5) ESE Hospital Julio Figueroa Villa Ubicado en el municipio de Bahía Solano, 6) Hospital local Lascario Barbosa Abendaño localizado en el municipio de Acandí, 7) Hospital Ismael Roldán Valencia y una Clínica privada Reina Virgen María localizados en la ciudad de Quibdó, siendo el ultimo privado.

De los antes mencionado se puede deducir que los hospitales de primer nivel no se encuentran equitativamente distribuidos en todo el territorio, por lo que hay una concentración espacial en el municipio de Quibdó capital del departamento del Chocó y en la región del San Juan donde se concentran tres (3) de los siete (7) Hospitales, lo que puede resultar en restricciones en términos de accesibilidad y el tiempo de recorrido para el desplazamiento de las personas enfermas con Malaria u otras tipo de enfermedades en una circunstancia determinada.

Un factor que se consideran en este análisis es el relacionados con la accesibilidad que tienen los pobladores a los diferentes hospitales y centros de salud más cercanos con el objetivo de ser atendidos en el menor tiempo posible a enfermedades relacionados con la Malaria en el departamento, en ese sentido, es

Figura 12. Equipamientos de salud en el departamento del Chocó según el nivel de complejidad del



Fuente: propia

Importante es considerar que esta investigación muestra que algunos municipios que se encuentran dotados de un hospital son principalmente los que tienen fácil el acceso a vías carretables como es el caso de los municipios de la región del San Juan como Condoto, Istmina, Tadó, así como también se observa el municipio del Carmen del Atrato, los cuales presentan una alta accesibilidad y una mayor eficiencia en distancia de recorrido para la atención a un nivel de complejidad 1 con excepción del municipio de Acandí.

Por la geografía del territorio chocoano, la ubicación de los centros poblados, las numerosas fuentes hídricas y los dos océanos hace que no exista una comunicación entre municipios de forma carretable, si no que presenten otras alternativas de comunicación, las cuales en ocasiones son los únicos medios para la interconexión como son por medio de vías área y fluviales; es decir, las carreteras de la mayoría de los municipios son los ríos, por eso, históricamente al interior del departamento del Chocó se tiene una distribución por regiones geográficas denominadas región del Atrato, Región del San Juan, región del Baudó, región del Darién y región de la costa pacífica; atendiendo a la relación que se tiene con las vías principales que en este caso, son los ríos principales Atrato, San Juan, Baudó y el Pacífico esta última atribuida a la comunicación que se tienen con el océano Pacífico.

La región del Baudó que está conformada por el Alto Baudó, Medio Baudó y Bajo Baudó, sus medios de transportes son de tipo fluvial y terrestre con excepción del Bajo Baudó que además de los antes mencionados también cuenta con el medio de transporte aéreo.

La región del Atrato, está comprendida por Carmen de Atrato, Lloró, Bagadó, Atrato, Quibdó y Medio Atrato los cuales tienen accesos tanto por vía terrestre como fluvial, menos del Carmen del Atrato que solo se conecta a la capital del departamento por vía terrestre.

La región del Darién, conformados por los municipios del Bojayá, Carmen del Darién, Riosucio, Unguia y Acandí, los cuales tienen comunicación con la ciudad de Quibdó por medio de Fluvial y Aérea con unas distancias relativamente largas.

La región del Pacífico, conformada por los municipios de Juradó, Bahía Solano y Nuquí los cuales solo tienen comunicación con la ciudad de Quibdó por medio aéreo.

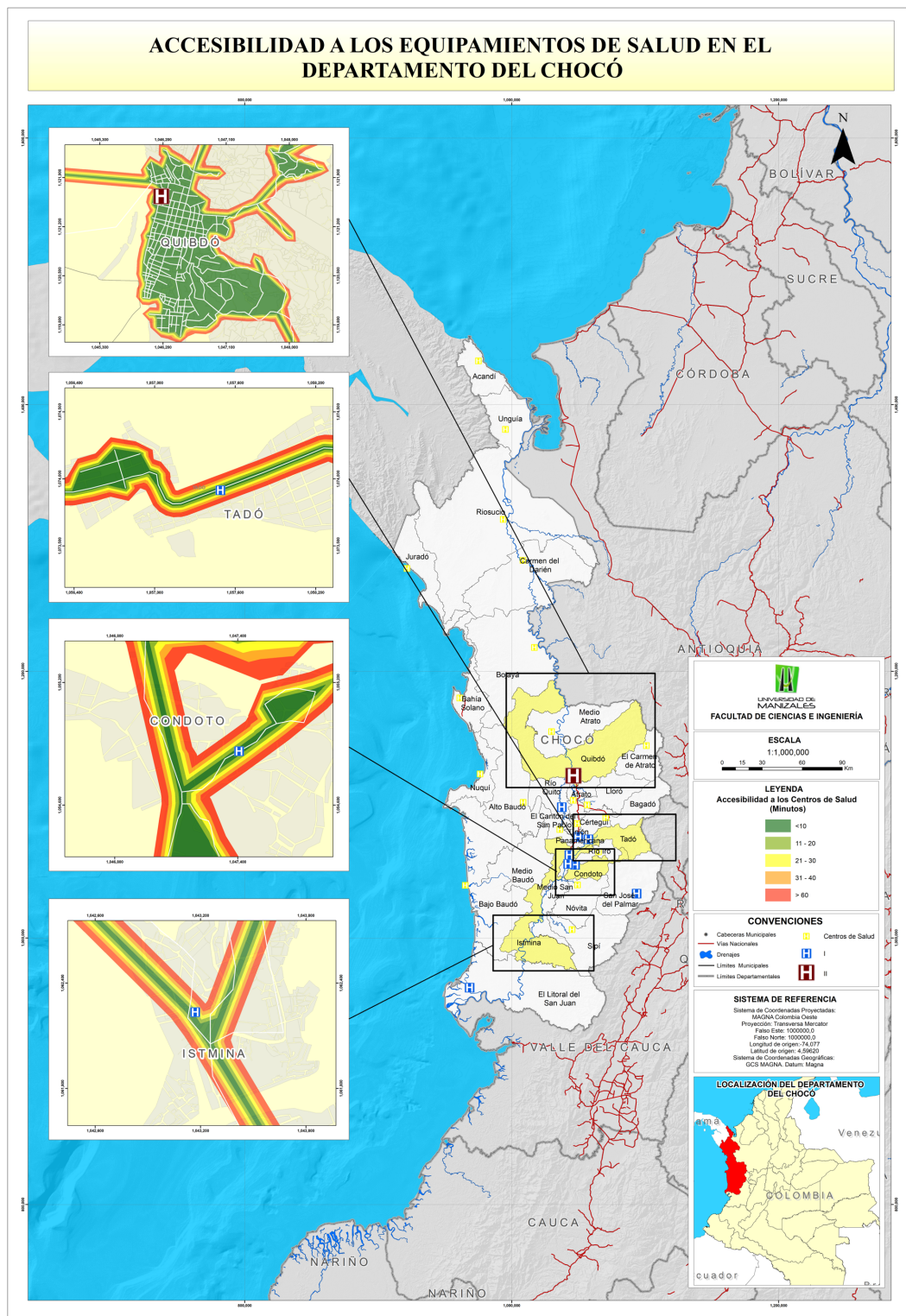
De lo anterior se puede resaltar que la única región que todos de sus municipios se conectan por vía terrestre es la región del San Juan a excepción del municipio de Río Quito, lo que facilita la accesibilidad a los tres hospitales localizados en su región; sin embargo, ese no es el mismo Panorama para las otras regiones las cuales todas las atenciones deben ser atendidas en la ciudad de Quibdó, que es donde se encuentran los otros hospitales de primer y segundo nivel, lo que hace que se presenten mayores tiempos de recorridos y menor accesibilidad por la distancia y el medio de movilidad disponible.

6.2.1. Distancia y tiempo de recorrido hacia el hospital de segundo nivel del departamento del Chocó

De los treinta municipios del Chocó solo doce (12) de ellos tienen comunicación directa de forma carretable o por vía terrestres aunque no todas las vías se encuentran pavimentadas, siete (7) tienen comunicación de forma terrestre-Fluvial, esto quiere decir en solo un tramo en su trayecto se puede acceder por carretera y el otro tramo para llegar al punto de referencia que es la ciudad de Quibdó se accede por el río, seis (6) únicamente tienen comunicación por medio del río, dos (2) tienen comunicación sólo por medio aéreo, dos (2) tienen comunicación Aero-marítimo, esto quiere decir que en un tramo de su trayecto se desplazan por el medio marítimo y el tramo para su llegada deben utilizar un medio aéreo y finalmente existe un (1) municipio que tiene dos posibilidades para su conexión con Quibdó, la primera es

de forma directa por medio aéreo y la segunda es por tramos lo que implica que su trayectoria debe primeramente tomar un bote para su desplazamiento por el río hasta un municipio vecino y luego coger carretera.

Figura 13. Accesibilidad a los equipamientos de salud en el departamento del Chocó



Fuente: propia

De esta descripción se logra evidenciar que quienes presentan mayores distancias a la ciudad de Quibdó que es donde existe el hospital de segundo nivel directamente están relacionados con mayores tiempos de recorrido y con mayores dificultades en esa trayectoria.

Tabla 2. Distancia de municipios a la ciudad de Quibdó

CODIGO	MUNICIPIO	DISTANCIA LÍNEA RECTA	DISTANCIA RUTA	TIEMPO ESTIMADO DEL VIAJE (horas, minutos)	TIPO DE TRANSPORTE
27075	Bahía Solano	99,42	106	30min	Aéreo
27495	Nuquí	67,49	106	30 min	Aéreo
27372	Juradó	198,64	511	50min	Aéreo-Marítimo
27006	Acandí	319,96	590	9,18	Aéreo-Marítimo
27099	Bojayá	98,14	184	4,44	Fluvial
27150	Carmen del Darién	151,93	469	7,50	Fluvial
27425	Medio Atrato	36,62	16	15min	Fluvial
27600	Río Quito	20,21	88	1,41	Fluvial
27615	Riosucio	110,28	270	6,0	Fluvial
27800	Unguía	265,50	531	7,50	Fluvial
27050	Atrato	13,49	19	18min	Terrestre
27135	Cantón del San Pablo	40,32	68	1,10	Terrestre
27160	Certegui	36,42	51	51 min	Terrestre
27205	Condoto	66,86	86	1,29	Terrestre
27245	Carmen de Atrato	52,59	74	4,0	Terrestre
27361	Istmina	59,45	76	1,14	Terrestre
27413	Lloró	25,31	35	50min	Terrestre
27450	Medio San Juan	90,73	100	1,49	Terrestre
27491	Novita	82,47	105	1,58	Terrestre
27660	San José del Palma	93,36	304	7,0	Terrestre
27787	Tadó	48,85	67	1,4	Terrestre
27810	Unión Panamericana	44,43	58	54min	Terrestre
27073	Bagadó	41,61	106	2,1	Terrestre-Fluvial
27086	Belén de Bajirá	186,65	450	7,11	Terrestre-Fluvial
27250	Litoral del San Juan	117,70	554	9,6	Terrestre-Fluvial
27430	Medio Baudó	74,94	119	2,20min	Terrestre-Fluvial
27580	Río Iró	60,18	73	1,11	Terrestre-Fluvial
27745	Sipí	117,07	337	6,44	Terrestre-Fluvial
27025	Alto Baudó	39,97	105	2,7	Terrestre-Fluvial
27077	Bajo Baudó	113,52	119	2,20	Terrestre-Fluvial-Aéreo

Elaboración propia

Entre los municipios más distantes se encuentran Acandí, Carmen del Darién, Riosucio, Unguía, San José del Palmar, Belén de Bajirá, Litoral del San Juan y Sipí, todos con distancias superiores a los 270 Kilómetros, utilizando medios de transporte en su mayoría terrestre y fluvial, hay que destacar que el Municipio de Juradó el cual también se encuentra muy distante presenta menor tiempo de

recorrido que los antes mencionados aproximadamente 50 minutos debido a que el único medio de transporte es el aéreo o en su defectos por vía marítima el cual, debe llegar al municipio de Bahía Solano para luego tomar transporte aéreo para poder llegar a la ciudad de Quibdó con esta otra opción se tiene un tiempo de recorridos aproximado de 3 a 4 horas; igualmente pasa con el municipio de Acandí donde se puede salir de dos maneras, la primera sería por el mar hasta el municipio de Turbo y de éste se coge por el río Atrato hasta llegar a Quibdó o la otra opción es de Acandí -Medellín -Quibdó por transporte Aéreo. También es válido resaltar que los municipios del Litoral del San Juan y San José del Palmar tienen en su recorrido para llegar hasta la ciudad de Quibdó tienen que salir a otros departamentos como el valle del Cauca y Risaralda respectivamente para nuevamente coger las carreteras hasta el destino de la referencia, lo que en ocasiones implica por facilidad que los pacientes sean atendidos en las ciudades más cercanas de esos departamentos, por tener más proximidad a un hospital de nivel II.

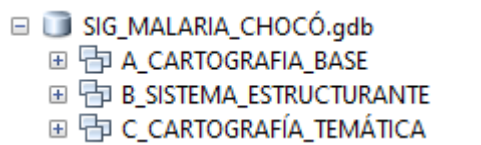
Derivado de lo anterior se puede establecer que todavía el departamento del Chocó presenta grandes limitaciones relacionadas con el tema de vías que se ven reflejada en la accesibilidad y tiempos de recorridos, así como también se evidencia que existe carencias en la disponibilidad de equipamientos de salud de mayor complejidad que se puedan localizarse de forma equidistante a los diferentes municipios teniendo en cuenta la complejidad de las ubicación de los mismo, lo que permite la optimización en los tiempos de recorrido de los pobladores chochoanos para la atención, puesto que en muchas ocasiones de eso depende la vida o la muerte de las personas.

Al igual que (*Páez, D. y Ortiz M, 2017*), el estudio también consideró los temas de accesibilidad, infraestructura vial y los equipamientos de salud en el departamento del Chocó, los cuales no lograron ser analizados con mayor complejidad debido a la falta de información específica en dichos parámetros.

6.3. DISEÑO DE BASE DE DATOS EN APLICATIVO SIG

Conforme a la información suministrada por parte de la información primaria y secundaria con respecto a los eventos reportados de la malaria, accesibilidad, y centros de salud, se diseñó una Personal Geodatabase llamada SIG_MALARIA_CHOCO, la cual se estructuró en 3 Feature Dataset de una forma en la que se podrá actualizar cada vez que el interesado quiera mostrar la periodicidad de los eventos o en gran medida quiera ingresarle nueva información.

Figura 14. Descripción feature dataset



Cada feature dataset está identificado tal como se observa en la figura 14, es importante aclarar que la cartografía base es suministro del Marco Geocéntrico del DANE y de Datos abiertos del IGAC.

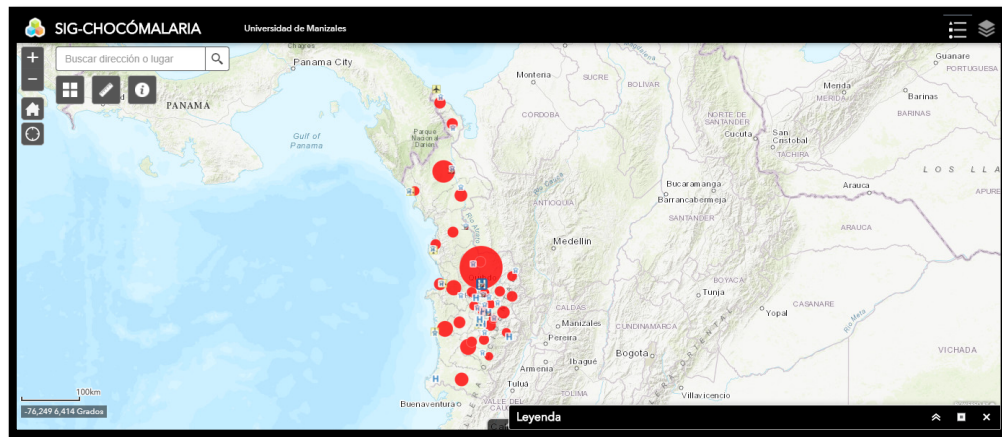
6.3.1. Publicación

Una vez estructurada la información se procedió a utilizar los servicios de la Licencia de Esri que brinda la Universidad de Manizales para el empleo de los conocimientos adquiridos en la especialización en Sistemas de Información Geográfica.

De este modo, se utilizó un diseño de una Wep Mapping Aplication que consiste en compartir y publicar los recursos SIG en la web como servicios. Trabajar con este tipo de servicio nos permitió desarrollar una sencilla aplicación dirigida a cualquier tipo de usuario en donde puede interactuar dinámicamente con la información producto de este trabajo de grado, relacionando la malaria, la ubicación de los centros de Salud y sobre todo la población por cada municipio.

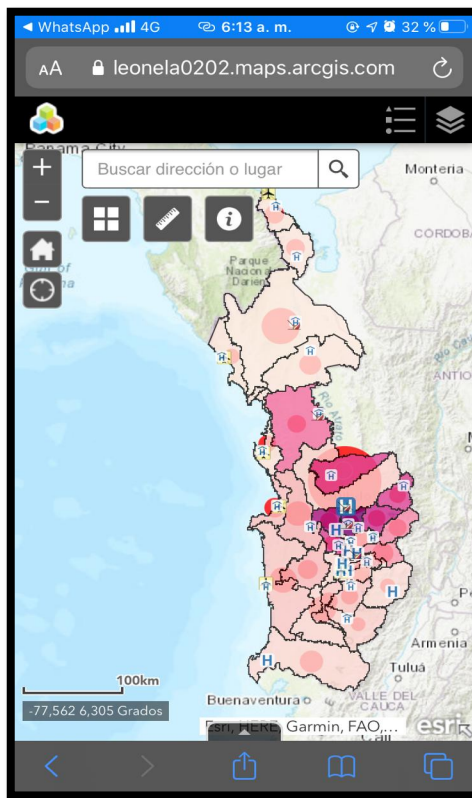
Esta aplicación se diseñó para que pueda ser observada desde el pc, Tablet o móvil.

Figura 15. Wep Mapping Aplicacion



Fuente: propia

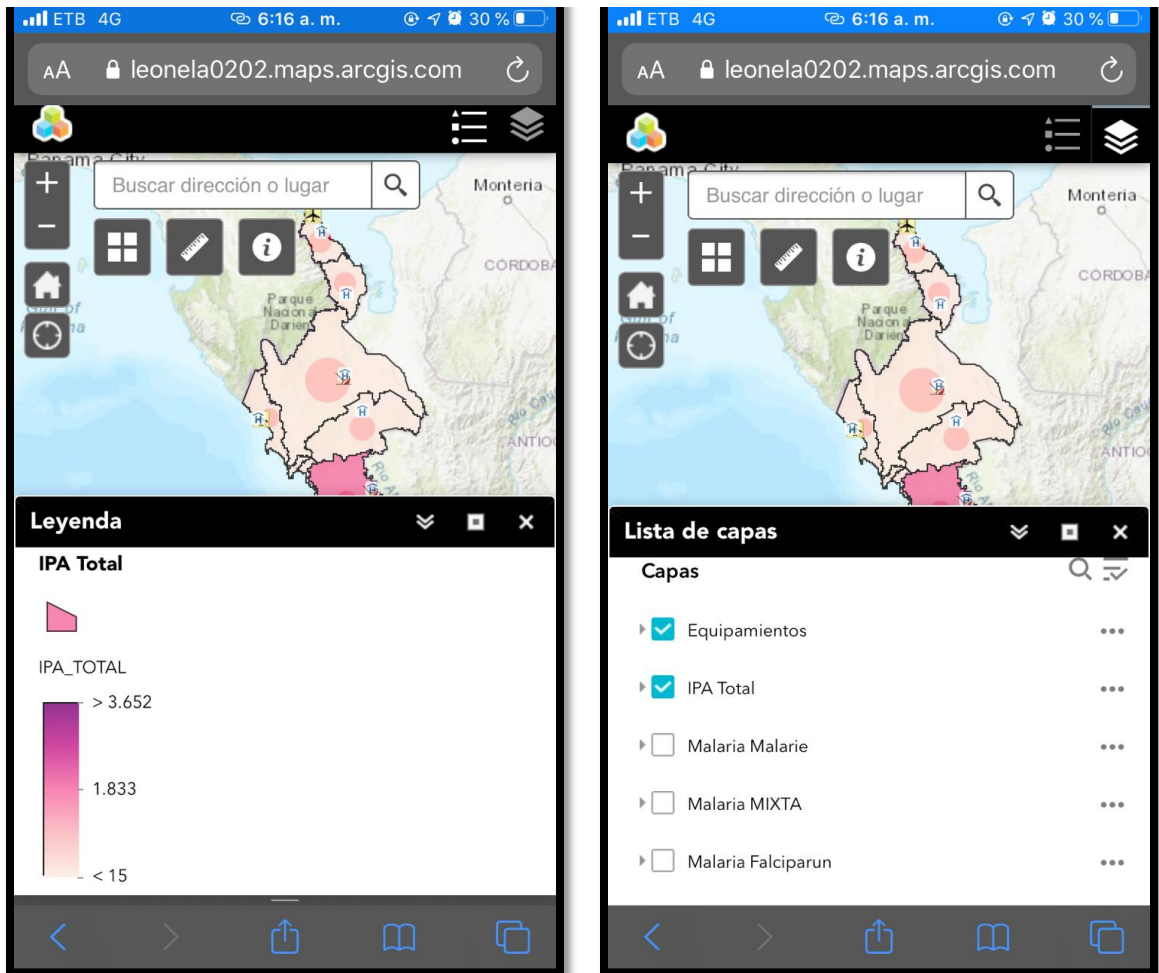
Figura 16. Wep Mapping Aplicacion desde móvil



Fuente: propia

En la aplicación hay una pestaña de Búsqueda de Dirección o Lugar en la parte superior, cuenta con una ventana de Leyenda, Listado de Capas (esta se puede ir actualizando cada vez que se quiera incorporar nueva información).

Figura 17. Wep Mapping Aplicacion lista de atributos



Fuente: propia

También se puede ver la tabla de atributos de cada capa geográfica que se encuentra en la personal Geodatabase.

Se puede acceder desde cualquier tipo de celular a través del link:
<https://arcg.is/09mPLL>

7. CONCLUSIONES

- Durante el periodo de análisis (2009-2019) los municipios como Carmen de Atrato, Lloró, Atrato, Rio Quito, Alto Baudó y Quibdó, son persistente en la manifestación de la malaria tipo P. Vivas, P Mixta, P. Falciparum, P. Malarie.
- Existe municipios como Juradó, Acandí, Riosucio, Unguia, Carmen del Atrato, San José del Palmar, Sipí, Bahía Solano y Condoto que presenta bajo reporte de casos de malaria durante los 10 años del periodo de estudio, por lo que no se puede establecer con claridad si es que no se presentan casos de malaria o no registran la información de forma adecuada.
- El índice de Moran't presento buena autocorrelación espacial para la información de casos de Malaria en el territorio, lo que indica que se puede seguir aplicando esta metodología para estudios relacionados.
- Sobre el índice parasitario anual (IPA) durante el periodo de análisis se puede establecer que los municipios de más casos por cada 1000 habitantes durante el periodo 2009-2019 son: Medio Atrato, Carmen de Atrato, Lloro, Atrato, Rio Quito y el Cantón del San Pablo y los de menores IPA son el municipio de Juradó, Bahía Solano, Riosucio, Carmen del Darién, Unguia y Acandí.
- Los municipios del departamento del Chocó que tienen acceso carretable en un estado regular como Itsmina, Condoto, Tado, Quibdó y Carmen del Atrato son donde localizan los hospitales de primer nivel de complejidad; con excepción de Bahía Solano y Acandí.
- En general los equipamientos de salud dispuesto en todo el territorio en el departamento del Chocó se encuentran en un estado bastante deplorable, por

lo que se requiere una inversión considerable, ya que los enfermos por malaria deben recurrir principalmente a los centros de salud más cercanos.

- Se denota que para la cantidad de la población del departamento del Chocó se disponen de un solo hospital de complejidad II, lo que se convierte en precariedad para la atención al servicio de salud con calidad.
- En el departamento del Chocó se presenta grandes limitaciones relacionadas con el tema de vías y como consecuencia en la accesibilidad y tiempos de recorridos a los servicios de salud.
- La distribución de los equipamientos de salud debido a la complejidad de la geografía del departamento no se encuentra equitativamente distribuido en todo el territorio.
- Con el presente estudio se brinda una base conceptual y metodológica para la organización, compilación y actualización de la información relacionada con los casos de malaria mediante la creación de una base de datos óptima y georreferenciada que se puede visualizar en tiempo real a través de una página web o desde cualquier aparato tecnológico a través de cual se muestre tendencias, comportamiento, entre otros indicadores relacionados con la Malaria en el territorio del departamento del Chocó.

8. RECOMENDACIONES

- Se recomienda a las entidades competentes de la Malaria, emplear este instrumento levantado en el presente estudio, el cual les poder servir para realizar un mejor manejo en la captura, procesamiento y visualización de los datos sobre los casos de malaria, sobre todo en los lugares más apartados de tal manera que no se pueda la información, ya es que ésta es vital para la generación de conocimiento que sirven para minimizar los riesgos de los habitantes del departamento del chocó.
- Se recomienda las entidades de salud utilizar métodos de articulación e integración entre las técnicas de manejo de la información tradicional con información geoespacial; de tal manera que se pueda hacer el análisis espacial patrones y comportamientos para la visualización de casos reportados, hacer seguimientos eficientes y publicar la situación epidemiológica en lugares específicos para mejorar los procesos en esta materia.
- Se recomienda a los administradores municipales y departamental o a la dependencia encargada la utilización de las herramientas aquí desarrollada relacionada con los sistemas de información geográficos, los cuales les permitirá proyectar en tiempo real los lugares o zonas donde se están originando los casos de Malaria, así como algunos indicadores desarrollados obteniendo una respuestas sobre la dinámica espacial lo que permitirá a corto o mediano plazo decidir la mejor alternativa frente a situaciones de prevención, control y vigilancia del vector, y de esta manera se pueda obtener una eficiencia en la inversión de los recursos.
- Se recomienda poner al servicio de toda la comunidad o en su efecto a un grupo seleccionado a nivel local el aplicativo de Sistema de Información Geográfico

para la malaria en el departamento del Chocó "SIG-CHOCOMALARIA" el cual se puede acceder desde cualquier dispositivo tecnológico.

9. BIBLIOGRAFÍA

ArcGIS Desktop. (2017). *ESRI. Obtenido de Autocorrelación espacial (I de Moran)*: <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/tools/spatial-statistics-toolbox/spatial-autocorrelation.htm>

Así Vamos en Salud. (2020). *Indicadores de salud. Obtenido de ÍNDICE PARASITARIO ANUAL DE MALARIA - GEOREFERENCIADO*: <https://asivamosensalud.org/indicadores/enfermedades-transmisibles/indice-parasitario-anual-de-malaria-georeferenciado>

Barcellos, C., Buzai, G. D., & Santana, P. (2018). Geografía de la salud: bases y actualidad. *Salud Colectiva*, 1-4.

Benavides Melo, J. A. (2015). El cambio climático como determinante de la distribución de la malaria.

Cáceres, L., Rovira, J., Torres, R., García, A., Calzada, J. & De La Cruz, M. (2012). Caracterización de la transmisión de la malaria por *Plasmodium vivax* en la región fronteriza de Panamá con Costa Rica en el municipio de Barú, Panamá. *Biomédica, Revista del Instituto Nacional de Salud*.

Celemín, J. P. (2009). Autocorrelación espacial e indicadores locales de asociación espacial. Importancia, estructura y aplicación. *Revista Universitaria de Geografía*, 18, 11–31.

Curto, S. I., Carbajo, A. E., & Boffi, R. (2003). Aplicación de Sistemas de Información Geográfica en Epidemiología: caso de estudio: malaria en la Argentina (1902–2000). *GAEA, Sociedad Argentina de Estudios Geográficos*, 1(10), 239–248.

Delgado, L., Ramos, S., Gordon, E., Zopy, E., Berti, J., & Montiel, E. (2003). *Sensores Remotos, Modelos Digitales de Terreno y SIG. Herramientas para el*

Control de la Malaria en el Estado Sucre, Venezuela. *Acta Científica Estudiantil*, 1(4), 143–151.

Geoinnova. (2017). *Geoinnova. Formación SIG y Medio Ambiente*. Obtenido de ¿Qué son los Sistemas de Información Geográfica (SIG)?:
<https://geoinnova.org/cursos/que-son-los-sistemas-de-informacion-geografica-sig/>

Hurtado, J. L., Aguilar, J. M., & Ávila, M. (2018). Análisis de la distribución espacial de la malaria en el departamento de chocó para el año 2016. *Ingeniería y Competitividad*, 20(2), 57–68.

INS, Instituto Nacional de Salud; (2019). *Prevención de enfermedades transmisibles*. [Online]
<https://www.minsalud.gov.co/salud/publica/PET/Paginas/malaria.aspx>

Mantilla, G., Oliveros, H., & Barnston, A. G. (2009). The role of ENSO in understanding changes in Colombia's annual malaria burden by region, 1960–2006. *Malaria Journal*, 8(1), 6.

Molina, A. M. (2008). Sistemas de información geográfica para el análisis de la distribución espacial de la malaria en Colombia. *Revista EIA*, 9, 91–111.

Mundial, I. (2015). sobre el paludismo, resumen. Organización Mundial de la Salud.

OPS, & OMS. (2018). *Organización Panamericana de la Salud*. Obtenido de Paludismo: Información general:
https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=2573:2010-general-information-malaria&Itemid=2060&lang=es

Poveda, G., Hernández, O., Urquijo, L., & Padilla, J. C. (2005). Sistema de información geográfica de la malaria en colombia-SIGMA. In *redalyc.org* (Issue 2).
<https://www.redalyc.org/pdf/1694/169421174009.pdf>

Ramirez, M. L. (2004). La moderna geografía de la salud y las tecnologías de la información geográfica. *Revista Investigaciones Ensayos Geográficos*, 4, 53–64.

Real Academia Española. (2010). *Real Academia Española*. Obtenido de Accesible: <https://www.rae.es/dpd/accesible>

Real Academia Española. (2015). *Real Academia Española*. Obtenido de Equipamiento: <https://dle.rae.es/equipamiento>

Sánchez-Mateos, H. S. M. (2012). La accesibilidad regional y el efecto territorial de las infraestructuras de transporte. Aplicación en Castilla-La Mancha. *Boletín de La Asociación de Geógrafos Españoles*, 59.

Vilalta Perdomo, C. J. (2008). Comentarios y mediciones sobre la segregación espacial en la Ciudad de México. *Estudios Demográficos y Urbanos*, 23(2), 375–413.

UNIGIS; (2013). SIG y SALUD: *qué tiene de espacial la salud*. ONLINE: <https://www.unigis.es/sig-y-salud-que-tiene-de-espacial-la-salud/>