

**CARACTERIZACIÓN ESPACIAL DE CASOS DE DENGUE EN SANTIAGO DE
CALI (2018-2021)**

Ronald Esneider Bonilla Valencia

**Trabajo de grado en modalidad de Informe de pasantía para optar al título de
Geógrafo**

**Director: Daniel Elías Cuartas Arroyave
Geógrafo, PhD en Ciencias Ambientales, director de la Escuela de Salud
Pública de la Universidad del Valle**

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE HUMANIDADES, PROGRAMA DE GEOGRAFÍA
SANTIAGO DE CALI, 2023**

Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado

Jurado

Jurado

Santiago de Cali, _____ de 2023

Agradecimientos y dedicatorias

Primero, quiero agradecer a mi familia porque desde que tengo uso de razón me han apoyado en cada una de mis decisiones y han contribuido fuertemente en mi crecimiento como persona, especialmente a mi madre la cual ha sacrificado muchas cosas para que yo pudiera tener una buena educación, también por sus enseñanzas las cuales me hacen creer una persona completa con buenos valores y metas claras. También quiero agradecer a mi hermana porque ha sido un apoyo en cada decisión académica y su crecimiento personal ha contribuido de gran manera en mi progreso personal. Así que, ellas dos han sido los pilares fundamentales en todo este recorrido y etapa de mi vida, por ello esta dedicatoria.

A mis amigos que conocí desde el colegio y aún siguen presentes en mi vida demostrándome su amistad incondicional, además a mis nuevos amigos que conseguí durante esta etapa universitaria, me ayudaron a sobrellevar muchos momentos de la carrera y siento que sin ellos no hubiera disfrutado tanto este recorrido. También a mis compañeros de carrera los cuales a través del debate sano se logró obtener mucho aprendizaje, crecimos juntos y ahora estamos concluyendo este camino.

A los profesores los cuales me enseñaron demasiado, sin ellos no tendría las capacidades, conocimiento y amor por esta carrera, la cual inicié con poca noción sobre lo que trataba, pero a medida de cada semestre cursado logré adaptarme y tener sentido de pertenencia por la geografía. Especialmente, a los profesores Elkin, Jonatthan y Ramón los cuales con su dedicación a la enseñanza lograron transmitirme mucho conocimiento.

A mi tutor, el geógrafo Daniel Cuartas, porque desde que lo conocí me permitió descubrir un nuevo mundo dentro de esta carrera tan amplia, sus enseñanzas desde el principio hasta el final han sido determinantes para el desarrollo de este trabajo, por eso, lo admiro y agradezco su esfuerzo y tiempo dedicado a la enseñanza. Adicionalmente, al grupo de Vigilancia Epidemiológica de la Secretaría de Salud de Cali por el suministro de los datos necesarios para la elaboración de este trabajo.

También debo agradecer a la Universidad del Valle por acogerme y hacerme sentir como en mi segunda casa y, por último, a cada persona que probablemente me acompañó en este camino y no he mencionado.

¡A cada uno muchas gracias!

Tabla de contenido

RESUMEN	6
OBJETIVOS.....	7
Objetivo General:	7
Objetivos específicos:.....	7
INTRODUCCIÓN	8
EL DENGUE	9
El dengue en Colombia	10
Panorama del Dengue en Santiago de Cali	12
APROXIMACIÓN A LA GEOGRAFÍA DE LA SALUD.....	13
Análisis Exploratorio de Datos Espaciales.....	16
PROCESO METODOLÓGICO.....	17
Objetivo específico 1: Consolidar la información de los casos de dengue en Geodatabase.....	19
Depuración de datos:	19
Estandarización de datos:.....	20
Geocodificación:	20
Objetivo específico 2: Localizar estructuras de asociación espacial de alta incidencia de casos de dengue.	22
Mapa de calor (Heatmaps).....	22
Tendencia Espacial.....	22
Autocorrelación Espacial.....	23
Quantum GIS.....	24
Objetivo específico 3: Identificar la presencia de conglomerados espaciales de casos. .	24
Conglomerados espaciales	24
I de Morán.....	24
GeoDA.....	25
RESULTADOS.....	26
Localización de los casos de dengue	26
Análisis de casos densidad de calor	27
Análisis de tendencia espacial.....	31
Análisis de autocorrelación espacial.....	34
CONCLUSIONES	39
REFLEXIÓN SOBRE LA EXPERIENCIA EN LA PASANTÍA.....	40
BIBLIOGRAFÍA.....	42

CONTENIDO DE ILUSTRACIONES, TABLAS Y MAPAS

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Casos notificados e incidencia de dengue por municipio de procedencia en Colombia, 2017.	11
Ilustración 2 Mapa de cólera de John Snow.....	15
Ilustración 3 Ejemplo de la estructura de una dirección	20
Ilustración 4 Aplicativo para geocodificar direcciones en Cali	21
Ilustración 5 Base de datos de casos de dengue con las columnas de coordenadas geográficas.....	21
Ilustración 6 Tipos de autocorrelación espacial.....	23

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Municipios con mayor distribución de casos de dengue en el Valle del Cauca (1999-2010)	12
Tabla 2 Ejemplo de dirección normalizada.....	20

LISTA DE MAPAS

Mapa 1 Localización del área de estudio	19
Mapa 2 Localización de casos de dengue	27
Mapa 3 Densidad de casos dengue (2018-2021)	29
Mapa 4 Densidad de casos por año (2018-2021)	30
Mapa 5 Tendencia espacial	32
Mapa 6 Tendencia espacial por año	33
Mapa 7 Autocorrelación espacial (2018-2021).....	35
Mapa 8 Autocorrelación espacial (2019)	37
Mapa 9 Autocorrelación espacial (2021).....	38

RESUMEN

En este documento se plasman los resultados de la caracterización espacial del dengue en la capital del Valle del Cauca, el cual se distingue por ser un evento en salud riesgoso en las regiones tropicales y subtropicales por su constante propagación. Según la OPS¹ (Organización Panamericana para la Salud), esta enfermedad se transmite a través de la picadura de un mosquito infectado con uno de los cuatro serotipos del virus del dengue (DENV-1, DENV-2, DENV-3 y DENV-4). En los últimos años, el virus ha mantenido en estado de riesgo a aproximadamente 500 millones de personas en las Américas y puede afectar a cualquier tipo de persona: adultos mayores, jóvenes o lactantes.

Colombia se encuentra en un área endémica de dengue, así que resulta pertinente investigar la distribución espacial de los casos presentados en las áreas urbanas, como es el caso de Santiago de Cali, teniendo en cuenta que, por su situación geográfica sobre la región Pacífica, posee características ambientales precisas para la propagación de este vector. Para este estudio se escogió el periodo 2018-2021 porque es el tiempo del cual se obtuvo información, para ello se requirió del uso de técnicas pertenecientes al Análisis Exploratorio de Datos Espaciales (AEDE), la cual fue fundamental para la búsqueda de las zonas más críticas por dengue, asimismo, para identificar posibles conglomerados espaciales de casos y poder determinar la existencia de dependencia espacial o aleatoriedad en el total de casos localizados.

PALABRAS CLAVE:

- Dengue
- Geografía de la Salud
- Análisis Espacial
- Autocorrelación espacial

¹ Organización Panamericana para la Salud. Dengue. [sitio web]. [Consultado: el 8 de mayo de 2023]. Disponible en:

<https://www.paho.org/es/temas/dengue#:~:text=El%20dengue%20se%20transmite%20a,m%C3%BAsculos%20y%20articulaciones%2C%20y%20eritema.>

OBJETIVOS

Objetivo General:

- Caracterizar la distribución espacial de los casos de dengue por comunas en Santiago de Cali.

Objetivos específicos:

- Consolidar la información de los casos de dengue en GDB (Geodatabase).
- Localizar estructuras de asociación espacial de alta incidencia de casos de dengue.
- Identificar la presencia de conglomerados espaciales de casos.

INTRODUCCIÓN

En el marco de la pasantía realizada en el Laboratorio de Geosalud de la Escuela de Salud Pública de la Universidad del Valle, durante el periodo octubre de 2022-febrero de 2023, y en colaboración con la Secretaría de Salud de Cali, se inició un proyecto interesado en caracterizar la distribución de eventos de interés en salud pública en Santiago de Cali, el cual a partir de la información dada por el Sistema Nacional de Vigilancia en Salud Pública (SIVIGILA) permitió apoyar el procesamiento de datos espaciales y adquirir conocimiento en el campo disciplinar de la Geografía de la Salud. Por lo anterior, y a partir de la motivación propia por estar vinculado a este tipo de investigaciones en esta área, se inició este proyecto.

Además de la necesidad que se tenía desde la Secretaría de Salud Pública de Cali para actualizar estudios de análisis espacial de eventos de salud, debido a que, muchos de estos eventos no tienen estudios geográficos en el periodo reciente, así que es de interés cuál ha sido el comportamiento espacial de ciertas enfermedades en la ciudad.

En este sentido, en el presente informe de pasantía se buscó caracterizar la distribución espacial del dengue desde 2018 a 2021 en Santiago de Cali, teniendo como base la identificación de patrones espaciales, distribuciones atípicas, densidades y conglomerados. La elección del dengue como tema de estudio se dio a partir de la recurrencia que ha tenido esta enfermedad en el municipio, según la base de datos suministrada por el SIVIGILA* (Sistema Nacional de Vigilancia en Salud Pública) para el proyecto, así que es un evento en salud que durante dicho periodo tuvo mayor incidencia de casos que otros, como: (bajo peso al nacer, la hepatitis o el VIH-Sida), por ende, ha sido una mayor amenaza para la población.

El informe está dividido en cinco apartados: en primer lugar, se presenta el contexto general del dengue en la ciudad; segundo, se plantea un marco conceptual general sobre el campo de la Geografía de la Salud; tercero, se explica la metodología utilizada; en cuarto lugar, se plantean los resultados con su respectiva discusión; y, finalmente, se exponen las conclusiones tanto del estudio como de la experiencia vivida en la pasantía.

* Concluido a partir del reporte de casos de enfermedades que se recibió desde el SIVIGILA.

EL DENGUE

Las enfermedades tropicales son infecciones provocadas por mosquitos y moscas que transmiten parásitos, bacterias o virus a individuos, una de ellas es el dengue, el cual afecta específicamente a poblaciones en condiciones de pobreza y segregación, proliferando en lugares que poseen saneamiento básico deficiente². Colombia, al estar situada en una zona intertropical, se encuentra expuesta a este tipo de enfermedades infecciosas, que encuentran condiciones aptas de desarrollo y propagación en territorios cálidos y con problemáticas socioambientales.

El dengue es una enfermedad con alta tasa de crecimiento a escala global, tanto así que se ha considerado un reto de salud pública en el mundo. Los factores determinantes de su transmisión en el país son: la ubicación geográfica (latitud y altitud) que determina el clima (temperatura, pluviosidad y humedad relativa), la poca planificación urbana, las precarias condiciones y calidad de vida de la población en ciertas zonas (saneamiento deficiente), el bajo desarrollo económico y social, la regular atención institucional, y la expansión e intensificación de la infestación de *Aedes aegypti* en el territorio nacional³.

Sumado a lo anterior, se encuentran las variaciones climáticas producidas por el calentamiento global en el planeta y las generadas por el fenómeno de El Niño, que afecta no solo a Colombia sino también a otros países intertropicales, las cuales pueden crear condiciones para el incremento en la intensidad de la transmisión potencial del dengue. Dicho vector es vulnerable a la variación de la temperatura y de las lluvias, resaltando que, esta última puede contribuir a ampliar el número de criaderos potenciales, sobre todo en municipios con problemas de saneamiento peri domiciliario y acumulación de residuos sólidos⁴.

El aspecto socioeconómico también es un gran determinante que eleva la vulnerabilidad de contraer este tipo de enfermedades en las personas, dado que cada vez el aumento demográfico dificulta que la población en general posea óptimas condiciones de vida; por ejemplo, oportunidades de empleo, acceso a vivienda, control en salud, saneamiento ambiental, equipamientos, etc. Todo ello, son elementos que podrían brindar un bienestar general a la población y disminuir el estado de vulnerabilidad ante muchas enfermedades.

² LONDOÑO Libardo; RESTREPO Carolina & MARULANDA Elisabeth. Distribución espacial del dengue basado en herramientas del Sistema de Información Geográfica, Valle de Aburrá, Colombia. *Rev. Fac. Nac. Salud Pública*. 2014; Vol. 32, Nro. (1): pp 7-15.

³ PADILLA, Julio César; ROJAS, Diana Patricia; GÓMEZ, Roberto Sáenz. Dengue en Colombia: epidemiología de la reemergencia a la hiperendemia. Universidad del Rosario. Primera Edición. Bogotá D.C., Colombia. 2012.

⁴ Organización Panamericana de la Salud, 2010. Citado por: Ibid, p. 3.

El dengue en Colombia

En Colombia el panorama no ha sido el ideal, como se sabe, el desplazamiento forzado ha sido un problema de muchos años en este país, según el Registro Único de Víctimas entre 1985 y 2017 aproximadamente 8 millones de personas son víctimas de desplazamiento⁵. Del mismo modo, el destino de la población resulta siendo las periferias de los grandes polos urbanos; asimismo, otra gente emigran en busca de mejores condiciones de vida y esto ha dejado que muchas ciudades crezcan de una manera desordenada, hecho que dificulta un buen manejo por parte de los entes de control, en consecuencia, no se ha tenido un adecuado ordenamiento territorial y en el caso del área urbana de Cali se ha posicionado como un centro de alto flujo migratorio según el DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística)⁶.

Por lo anterior, las personas llegan de sus lugares de origen y se asientan en zonas donde posiblemente no hay estudios previos de urbanización. El problema resulta en que estos espacios se convierten en focos idóneos para el desarrollo de este tipo de enfermedades infecciosas y la población termina expuesta a la picadura del *A. aegypti*; es decir, por la picadura del mosquito infectado con uno de los cuatro serotipos virus del dengue⁷, presentes en el agua de consumo y uso doméstico, pero también en los recipientes de almacén de este recurso, lugares de drenaje (caños) y demás fuentes de agua que aumentan la reproducción de criaderos potenciales del vector.

Ahora, sobre los antecedentes del dengue en el país, Julio César Padilla, Diana P. Rojas y Roberto Gómez plantean que la presencia del *A. aegypti* en Colombia se remonta a la época colonial, “probablemente fue importado del África, en los barcos con esclavos que venían a Cartagena. Posteriormente, al establecerse la navegación por la ruta del río Magdalena, el vector se introdujo al interior del país”⁸.

Añaden que en los años cincuenta, antes de emprender la campaña de erradicación del vector, el dengue era endémico en el país: 28% del territorio se encontraba infestado por este vector. Más adelante, en la década de 1990 ya se encontraba en lugares donde antes no se había presentado, por ejemplo, en el oriente del país. Para 2010 se registró un brote epidémico por primera vez en el departamento del

⁵ Consultoría para los Derechos Humanos. [sitio web]. La Comisión de la Verdad frente a las víctimas de Desplazamiento Forzado. 2018. [Consultado: el 8 de junio de 2023]. Disponible en: <https://codhes.wordpress.com/2018/05/09/la-comision-de-la-verdad-frente-a-las-victimas-de-desplazamiento-forzado/>.

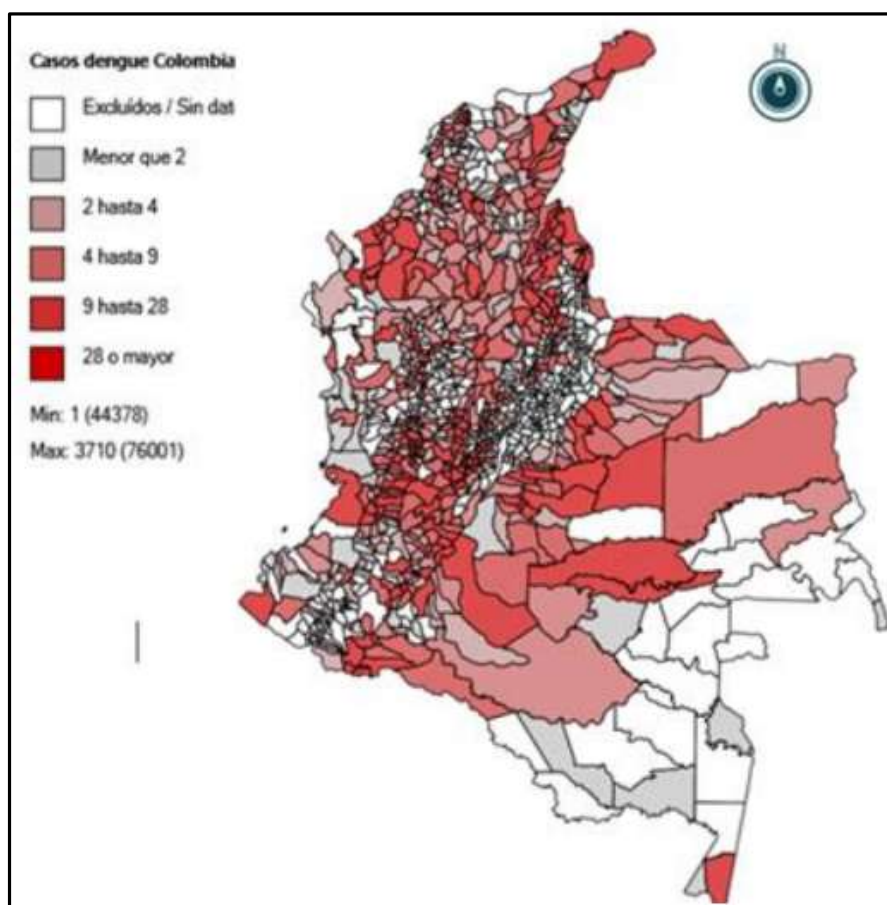
⁶ Departamento Administrativo Nacional de Estadística. [sitio web]. Movilidad poblacional de Cali y su área metropolitana (Consultado 8 de junio de 2023). 2007. Disponible en: https://www.dane.gov.co/files/censos/analisis/cali/movil_cali.pdf

⁷ Organización Panamericana para la Salud. [sitio web]. Disponible en: <https://www.paho.org/es/temas/dengue>

⁸ PADILLA, Julio César; ROJAS, Diana Patricia; GÓMEZ, Roberto Sáenz., Op cit.p 7.

Amazonas, posiblemente por el flujo continuo de personas en la triple frontera (Colombia, Perú y Brasil)⁹. De acuerdo con lo anterior, Colombia es un territorio que desde el siglo XVI ha tenido brotes de esta enfermedad y en su totalidad ha presentado prevalencia de casos, aunque algunos municipios presentan un mayor riesgo que otros, como se puede ver en el siguiente mapa:

Ilustración 1 Casos notificados e incidencia de dengue por municipio de procedencia en Colombia, 2017.



Fuente: Sivigila, Instituto Nacional De Salud, Colombia, 2017

En este sentido, el dengue en Colombia es una patología objeto de vigilancia y control epidemiológico, por ende, la notificación se realiza de forma periódica a través del Sistema Nacional de Vigilancia en Salud Pública–SIVIGILA¹⁰. Así mismo, como muestra el mapa anterior, en gran parte del territorio colombiano se han notificado personas afectadas por dengue y la totalidad del Valle del Cauca ha tenido incidencia de casos, desde luego, el municipio de Santiago de Cali posee un ambiente óptimo y

⁹ PADILLA, Julio César; ROJAS, Diana Patricia; GÓMEZ, Roberto Sáenz., Op cit.p 7.

¹⁰ Instituto Nacional de Salud. Protocolo de Vigilancia en Salud Pública de Dengue. Versión 4. Colombia. 2022. p 7.

población con condiciones de vulnerabilidad socioeconómica que dificultan la prevención de esta enfermedad.

Panorama del Dengue en Santiago de Cali

El Valle del Cauca en general ha presentado casos de dengue en gran parte de sus municipios, a continuación, se pueden observar algunos municipios con mayoría de casos durante la primera década de este siglo.

Tabla 1 Municipios con mayor distribución de casos de dengue en el Valle del Cauca (1999-2010)

Municipio	Casos totales (1999-2010)	Distribución de casos en el departamento %	Población en riesgo 2010	Incidencia promedio por 100.000
Cali	32.128	40,4	2.207.994	121,3
Palmira	15.872	20,0	236.235	559,9
Buga	6.257	7,9	99.540	523,8
Tuluá	3.951	5,0	171.690	191,8
Cartago	1.971	2,5	126.280	130,1
San Pedro	1.737	2,2	6.622	2.185,9
Dagua	928	1,2	8.178	16,8

Fuente: Elaboración propia a partir de información del SIVIGILA, Instituto Nacional de Salud*

Sin duda, Santiago de Cali ha sido el municipio con más alta población enferma, aunque también influye que alberga más cantidad de residentes que los demás 41 municipios del Valle del Cauca. Por tal razón, a pesar de tener esos números, se evidencia que su porcentaje de incidencia promedio no es tan fuerte como lo ha sido en, San Pedro, Palmira y demás municipios durante 1999 y 2010.

Según el World Mosquito Program, “tanto el departamento del Valle del Cauca como el municipio de Cali, están entre los lugares de Colombia históricamente más afectados por el dengue. En Cali el dengue es endémico, con tasas anuales promedio cercanas a los 100 casos por cada 100 mil habitantes”¹¹. Por lo tanto, el Sistema de Vigilancia en Salud Pública-SIVIGILA ha sido el encargado de dirigir, controlar la situación y reportar semanalmente los casos de infección en la capital del departamento.

* Los datos poblacionales presentados en la tabla fueron obtenidos a partir de la información del censo del año 2005.

¹¹ World Mosquito Program [sitio web]. Colombia. CONOCE LAS ÚLTIMAS NOVEDADES DE WORLD MOSQUITO PROGRAM EN CALI. [Consultado: 10 de mayo de 2023]. Disponible en: [https://www.worldmosquitoprogram.org/es/avances-nivel-mundial/colombia/cali#:~:text=World%20Mosquito%20Program.-,Para%20el%20mes%20de%20marzo%20del%202021%2C%20el%20proyecto%20se,a%C3%B1os%20\(2016%2D2020\)](https://www.worldmosquitoprogram.org/es/avances-nivel-mundial/colombia/cali#:~:text=World%20Mosquito%20Program.-,Para%20el%20mes%20de%20marzo%20del%202021%2C%20el%20proyecto%20se,a%C3%B1os%20(2016%2D2020))

Históricamente, la ciudad ha sido objeto de estudio en torno al comportamiento espacial del dengue por varios investigadores, quienes han identificado las comunas que suelen presentar mayor prevalencia de casos. Por ejemplo, Jenny Peña, en su evaluación sobre la distribución espacial de la enfermedad para el año 2010, concluyó que en dicho año las comunas con mayor riesgo de contraer dengue fueron la 3, 9, 10, 17, 18, 19 y 20¹²; esto debido a que en ellas se presentaron mayor agrupación de casos.

En el año 2016 hubo un brote significativo, se reportaron casi 20.000 casos de dengue en Cali, que representaron cerca del 20% del total de casos reportados en el país¹³. Por consiguiente, el Instituto Nacional de Salud (INS) señaló que a mitad del año ya se tenían más casos que durante todo el 2015¹⁴. Esto pudo haber sucedido por mayores cantidades de precipitaciones, puesto que esta es una enfermedad con mayor tendencia en la temporada de lluvias; los alcantarillados, los pozos y todo tipo de aguas estancadas aumentan la presencia y concentración del mosquito en la ciudad.

En consecuencia, en el presente trabajo surge la necesidad de conocer qué ha sucedido con la distribución de casos de dengue en los últimos años, ya que no se tienen recientes estudios sobre patrones espaciales de dengue.

APROXIMACIÓN A LA GEOGRAFÍA DE LA SALUD

La Geografía de la Salud es una de las tantas ramas de la Geografía, integra elementos del área física (climatología) y humanística (poblacional) y su nombre varía de acuerdo con la escuela o país en cuestión, conociéndose como Geografía de la Salud y en otros Geografía médica. Sus orígenes están ligados al interés por la difusión de enfermedades que los seres humanos han sobrellevado desde sus inicios, puesto que al habitar cualquier espacio geográfico siempre estará la posibilidad de ser afectado por una enfermedad¹⁵.

Según Barcellos, Buzai y Santana: "...se estima que, con posterioridad a la llegada de Cristóbal Colón a América, entre 1493 y 1620 murieron aproximadamente 100

¹² PEÑA, Jenny. Evaluación de la distribución espacial de casos de dengue en Santiago de Cali, año 2010. Santiago de Cali: Universidad del Valle. 2010. p 91.

¹³ WORLD MOSQUITO PROGRAM [sitio web]. Cali. [Consultado: 14 de mayo de 2023]. Disponible en: <http://www.eliminatedengue.com/colombia/Cali>

¹⁴ Redacción de El País [sitio web]. El dengue no para en Cali: 14 mil casos en el primer semestre del año. 2016. [Consultado el: 14 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://www.elpais.com.co/cali/el-dengue-no-para-en-14-mil-casos-en-el-primer-semester-del-ano.html>

¹⁵ GARZÓN, Jorge. La actual geografía de la salud, los sistemas de información geográfica y su aplicación teórico-práctica en el manejo de la pandemia a causa del Covid-19. Bogotá: Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales. 2021.

millones de indígenas a causa de diferentes epidemias”¹⁶; igualmente, en siglos posteriores ocurrieron otras epidemias como la llamada gripe española de 1918 y 1919 que también cobró miles de vidas en el país, solo en Boyacá se registraron 3.305 decesos¹⁷. Por ende, con el correr de los años poco a poco se comenzaron a realizar estudios para comprender patrones de salud y enfermedades en el territorio.

Uno de los trabajos más emblemáticos sobre cartografía y epidemiología es el realizado por John Snow en el siglo XIX:

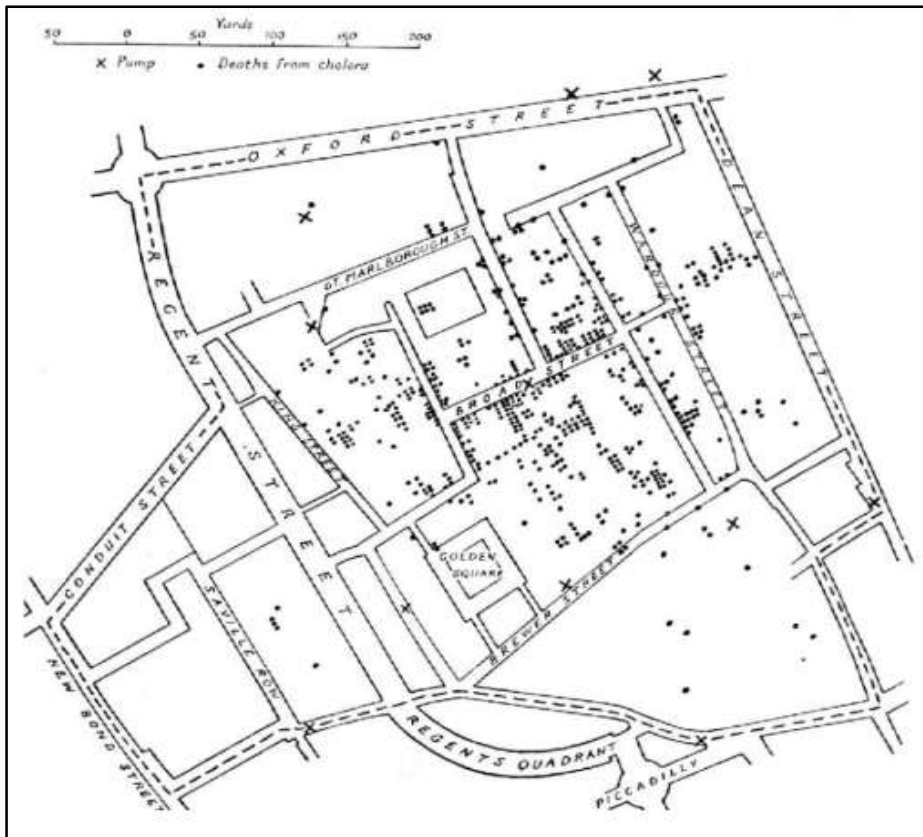
Con motivo de la epidemia de cólera de 1854, en el centro de Londres, que provocó 14.600 muertes, Snow realizó un estudio cartográfico que se considera un trabajo clásico de la epidemiología con un alto componente de la que sería denominada geografía aplicada. La superposición de mapas mostraba una incidencia del brote de cólera (distribución espacial y cantidad de casos) con epicentro en la bomba de agua de Broad Street. Sus observaciones apoyadas en la correspondencia espacial llevarían a retirar la bomba y que la epidemia disminuyera rápidamente hasta su desaparición¹⁸.

¹⁶ BARCELLOS Christovam, BUZAI Gustavo & SANTANA Paula. Geografía de la salud: bases y actualidad. *Salud Colectiva*. 2018. Vol. 14, Nro. (1): p 1 . doi: 10.18294/sc.2018.1763.

¹⁷ MARTÍNEZ Martín; ABEL Fernando; MELÉNDEZ Álvarez; BERNARDO Francisco; MANRIQUE Corredor, EDWAR Javier; & ROBAYO Omar. Análisis histórico epidemiológico de la pandemia de gripe de 1918-1919 en Boyacá, un siglo después. *Revista Ciencias de la Salud*. 2019. Vol 17, Nro. (2): pp 334-351. ISSN: 1692-7273.

¹⁸ BARCELLOS Christovam, BUZAI Gustavo, SANTANA Paula. Op cit., p 1.

Ilustración 2 Mapa de cólera de John Snow.



Fuente: BUZAI, Gustavo. Análisis espacial en geografía de la salud: resoluciones con sistemas de información geográfica. Buenos Aires: Lugar Editorial, 2015. p. 242.

Dicho estudio impulsó a que otros científicos tomaran a la cartografía como una herramienta clave para la toma de decisiones sobre los fenómenos en salud. Luego, durante las primeras décadas del siglo XX, estos estudios ambientales y sociales se fortalecieron principalmente por médicos, contribuyendo de buena manera a la Geografía. A partir de los años ochenta y noventa, la investigación se desarrolla en torno a la problemática de la localización y el uso de los servicios de salud, al igual que en los fenómenos relacionados con las inequidades en salud, concretamente a la multiplicidad causal de los patrones de enfermedad¹⁹.

Por lo anterior, se entiende que la Geografía tiene gran capacidad de aporte para dichas situaciones, dado que puede contribuir al ámbito de la salud con su aptitud analítica para la difusión de enfermedades; además de identificar espacios ineficientes en servicios de salud que terminan obstruyendo el desarrollo del territorio y aumentando el nivel de riesgo.

Por el lado de América Latina, se debe decir que, durante la época colonial y primeras décadas de independencia, dado el control de una enorme población de esclavos,

¹⁹ SANTANA, Paula & LÓPEZ, Liliana. Introducción a la Geografía de la Salud: territorio, salud y bienestar. Toluca: Universidad Autónoma del Estado de México. 2014. p 22.

obviamente excluidos de toda política de equidad, y las guerras internas de la época, hubo muy pocos estudios sobre el tema²⁰. Sin embargo, según Luisa Íñiguez y Christovam Barcellos²¹, desde finales del siglo XX e inicios de este los países con mayor liderazgo en este campo fueron Argentina, Brasil, México y Cuba. Agregan que, en esta región las nuevas técnicas de análisis espacial han sido utilizadas casi únicamente para incentivar el desarrollo de técnicas estadísticas espaciales y aun los resultados investigativos provenientes de la Geografía son ligeros; sin embargo, con el paso de los años se encuentran más profesionales latinoamericanos trabajando en este campo, por ende, se ha evidenciado un gran potencial en el desarrollo de este y en consecuencia posibilita interpretar y actuar sobre posibles distribuciones desiguales de bienestar poblacional en salud.

En definitiva, la Geografía de la salud se sigue consolidando como un campo integrador de aspectos ambientales y sociales que posibilitan la comprensión de las dinámicas del proceso salud-enfermedad y aportando a la explicación de patrones y difusión de enfermedades que afectan a la población, además del potencial que tiene con la inclusión de los SIG (Sistemas de Información Geográfica) dentro de este entorno científico donde convergen tantas disciplinas.

Análisis Exploratorio de Datos Espaciales

El Análisis Exploratorio de Datos Espaciales (AEDE) es fundamental para el desarrollo de este tipo investigaciones, como expresan Ingrid Acevedo y Ermilson Velásquez²², “es relevante para identificar relaciones sistemáticas entre variables, o dentro de una misma variable, cuando no existe un conocimiento claro sobre su distribución en el espacio geográfico, además permite extraer características de datos georreferenciados que son indispensables para el inicio de la investigación”. Por consiguiente, este es la primera fase de cualquier estudio econométrico relacionado con datos georreferenciados para la búsqueda de tendencias espaciales.

²⁰ BARCELLOS Christovam, BUZAI Gustavo, SANTANA Paula, op cit., p 2.

²¹ ÍÑIGUEZ, Luisa & BARCELLOS Christovam. Geografía y salud en américa latina: evolución y tendencias. *Revista Cubana de Salud Pública* [en línea]. 2003. 29(4). pp 330-343.

²² CHASCO, 2010. Citado en: ACEVEDO, Ingrid & VELÁSQUEZ Ermilson. Algunos conceptos de la econometría espacial y el análisis exploratorio de datos espaciales. *Ecos de Economía*. 2008. Vol. 12, Nro. (27): p 13. [fecha de Consulta 19 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=329027263007>

De acuerdo con Giuseppe De Corso Sicilia, Maribel Rivera, Maribel & Jaime Gallego²³, los métodos gráficos y visuales del AEDE, también son determinantes para formular hipótesis a partir de los datos y aspectos de la evaluación de modelos. Así mismo, puede plantearse desde el punto de vista de la Geo-estadística o por la econometría espacial.

También afirman que, el AEDE es más una técnica descriptiva (estadística) que confirmatoria (econométrica), ya que analiza parcialmente un determinado conjunto de datos para establecer comportamientos, tendencias, puntos atípicos, esquemas de asociación, entre otros.

Por otro lado, mencionan las principales técnicas del análisis exploratorio de datos que pueden ser aplicadas desde software como: GeoDa, ArcGis o QGIS, y las visualizaciones pueden ser representadas a través de mapas temáticos y dinámicos, histograma de frecuencia, diagrama de dispersión, gráficos de dispersión en 3D, diagrama de caja, diagrama de dispersión de Moran, gráficos de LISA, etc; cada una según el resultado que se requiera.

PROCESO METODOLÓGICO

Este ejercicio investigativo se elaboró a partir de los datos de casos de dengue reportados en Santiago de Cali para los años 2018, 2019, 2020 y 2021, por el Sistema Nacional de Vigilancia en Salud Pública (SIVIGILA), que consolida la Secretaría de Salud Pública Distrital de Cali, así que, desde el SIVIGILA hicieron entrega de la base de datos registrados de dengue en el municipio, y por este lado, desde el laboratorio de GeoSalud se dio inicio a la elaboración del presente proyecto.

El estudio se realizó de manera descriptiva de corte transversal en los años de notificación, de dicho modo, el tipo de epistemología adoptada fue la positivista, puesto que esta se basa en la explicación científica y los resultados de la investigación pueden explicar el comportamiento de cierto fenómeno en un territorio²⁴.

De este modo, se logró conocer el comportamiento espacial de este evento en salud durante el periodo reciente; asimismo, se consiguió una consolidación de la base de datos de casos de esta enfermedad para estos años, la identificación de las comunas con mayor riesgo en la ciudad y la localización de asociaciones espaciales para

²³ DE CORSO SICILIA, Giuseppe; RIVERA, Maribel & GALLEGOS Jaime. Métodos gráficos de análisis exploratorio de datos espaciales con variables espacialmente distribuidas. En: *Cuadernos latinoamericanos de administración*, 2017. Vol. 13, Nro. 25, pp. 92-104.

²⁴ LANDEROS, Erick; SALAZAR, Bertha & CRUZ, Edith. La influencia del positivismo en la investigación y práctica de enfermería. En: *Index Enferm.* 2009. Vol. 18, Nro. 4: pp. 263-266.

presentar un análisis general en los resultados, llegando incluso a compararlo con resultados de estudios anteriores sobre el tema.

Cabe decir que, esta sección metodológica se aborda con relación a los objetivos específicos planteados, con el fin de responder lo que se ha propuesto.

Área de estudio

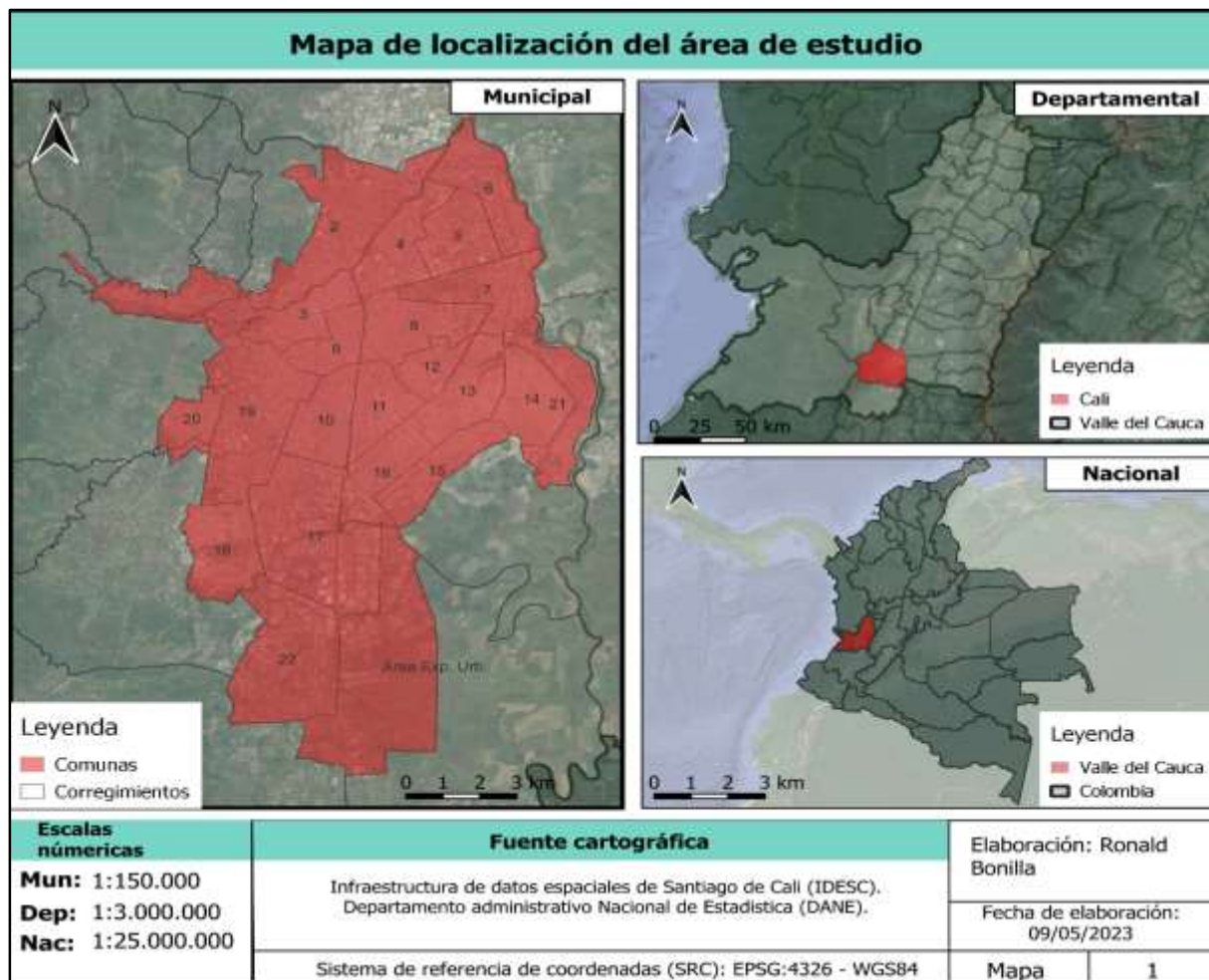
El área de estudio es la zona urbana de Santiago de Cali, situada en el sur occidente de Colombia en el Valle interandino, entre la cordillera occidental y la cordillera central. El área urbana de la ciudad se divide administrativamente en 22 comunas y una zona de expansión, además posee una población de 1.822.871 según el censo del 2018 realizado por el DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística)²⁵.

La zona de estudio está situada en una altura aproximada de 940 a 1.070 msnm con temperatura promedio a 25 °C y se encuentra en la zona climática de Bosque Seco Tropical. Como ya se ha dicho, el vector del dengue está relacionado con determinado ámbito geográfico determinado, y la ciudad de Cali posee características que la convierten en una zona endémica²⁶.

²⁵ Departamento Administrativo Nacional de Estadística. Censo nacional de población y vivienda 2018-Colombia [Internet]. (2018). Disponible en: <https://bit.ly/3cdliqN>.

²⁶ Alcaldía de Santiago de Cali, 2010. Citado por PEÑA, Jenny, Op cit., p 26.

Mapa 1 Localización del área de estudio



Fuente: Elaboración propia.

Objetivo específico 1: Consolidar la información de los casos de dengue en Geodatabase.

A partir de los datos suministrados por el SIVIGILA se tuvieron varias fases para la elaboración de los resultados esperados, así que, a continuación, se precisa cada etapa:

Depuración de datos:

Esto se hizo con el fin de tener una base de datos limpia, es decir, se verificó que la información referente a la dirección de la vivienda de las personas reportadas estuviera bien digitada, también que pertenecieran solamente al área urbana, por tal razón, los casos situados en los corregimientos se descartaron. Por último, se revisó que los casos hubieran sido confirmados a través de examen de laboratorio previo.

Estandarización de datos:

Este paso fue necesario porque las direcciones deben estar digitadas con una abreviatura definida, es decir, debe especificarse mediante vía principal, cruce y número de inmueble o placa, a modo de ejemplo:

Ilustración 3 Ejemplo de la estructura de una dirección

CL 5	# 39 –	23
Vía principal	Cruce	Placa

Fuente: Elaboración propia.

El ejercicio de normalización o estandarización de datos permitió que el posterior proceso de geocodificación se realizara de manera más rápida, por ello, esta estructura es necesaria para cada dirección.

Tabla 2 Ejemplo de dirección normalizada

Abreviatura	Nombre completo	Dirección sin normalizar	Dirección normalizada
KR	Carrera	CALLE 67 B #1A 27	CL 67B 1A 27
CL	Calle		
AV	Avenida		
DG	Diagonal		
TV	Transversal		

Fuente: Elaboración propia.

De la anterior manera, la calidad del dato mejoró y ayudó a consolidar una base de datos limpia para el ingreso a la aplicación *Geocodificador de Direcciones Urbanas SSPM* (Secretaría de Salud Pública Municipal).

Geocodificación:

Este proceso convierte las direcciones en puntos en un mapa, así se obtuvo la ubicación de cada dato con su respectiva coordenada geográfica. Para ello, en esta investigación la SSPM posibilitó al laboratorio de Geosalud el uso de su aplicativo que permite geocodificar las direcciones de la ciudad (ver ilustración 4). De este modo, en el programa se cargó la base de datos, se abrió y se seleccionó la opción de Geocodificar, y así, se consiguió la localización de gran parte del total de las direcciones de la base de datos, convertidas en *shapefiles*.

Cabe decir que, las direcciones que el aplicativo no logró geocodificar fueron ingresadas al software Quantum GIS y se realizó una geocodificación manual.

Ilustración 4 Aplicativo para geocodificar direcciones en Cali

Fuente: Propia.

Como consecuencia, la base de datos de casos de dengue quedó organizada con nuevas columnas X y Y, las cuales corresponden a las coordenadas geográficas para su posterior representación en mapas.

Ilustración 5 Base de datos de casos de dengue con las columnas de coordenadas geográficas

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	id	direccion	x	y	aprox	ajuste	año	mun_resi
2	1	KR 39 48 17	-76.500129699707	3.41128540039062	ok	3	2021	CALI
3	2	CHIMINANGOS I	-76.4905298	3.476932621	barrio	3	2021	CALI
4	3	CIUDAD CORDONBA	-76.5085382	3.400875314	barrio	3	2021	CALI
5	4	KR 27E 103 11	-76.47914475	3.416177404	manzana	3	2021	CALI
6	5	CL 112 23 155	-76.464607238769	3.42954540252685	ok	3	2021	CALI
7	6	CL 54 30B 101	-76.493888854980	3.41147947311401	ok	3	2021	CALI
8	8	DG 26I 93 25	-76.4795057	3.429256218	manzana	3	2021	CALI
9	10	KR 30 57 53	-76.49122562	3.410534823	manzana	3	2021	CALI
10	11	KR 28 72J 40	-76.49577811	3.429403084	manzana	3	2021	CALI
11	12	LOS COMUNEROS II	-76.4930226	3.424970993	barrio	3	2021	CALI
12	13	CL 91 28 04	-76.48252389	3.417763574	manzana	3	2021	CALI
13	14	DG 72A 26J 51	-76.49307737	3.432311488	ok	3	2021	CALI
14	15	LOS COMUNEROS II	-76.4930226	3.424970993	barrio	3	2021	CALI
15	17	CL 55A NORTE 2A 99	-76.509124755859	3.48319196701049	ok	3	2021	CALI
16	19	CL 72R 28D 534	-76.49376044	3.421885523	manzana	3	2021	CALI
17	20	EL POBLADO II	-76.4905029	3.420450498	barrio	3	2021	CALI
18	21	KR 28D 1 72P 60	-76.49294127989	3.42271397543299	OK	3	2021	CALI
19	22	CL 72R 28D 534	-76.49376044	3.421885523	manzana	3	2021	CALI
20	23	KR 1A 3 58 41	-76.49888588	3.476696641	manzana	3	2021	CALI
21	24	CL 120J 22 42	-76.462905883789	3.42675042152404	ok	3	2021	CALI
22	25	KR 14 73 18	-76.483558654785	3.44702005386352	ok	7	2021	CALI
23	26	CL 43A NORTE 4 36	-76.51145387	3.471030257	manzana	3	2021	CALI
24	27	CL 78 27 36	-76.48370293	3.422928519	manzana	3	2021	CALI
25	28	CL 111 26Q 94	-76.474884033203	3.41667532920837	ok	3	2021	CALI
26	29	KR 29D 17B 46	-76.49881471	3.419064828	manzana	3	2021	CALI

Objetivo específico 2: Localizar estructuras de asociación espacial de alta incidencia de casos de dengue.

El segundo objetivo se alcanzó por medio de algunas técnicas de estadística espacial que permiten observar a través de mapas, gráficos u otro tipo de visualizaciones, la distribución de cierta variable en el territorio, formando parte del Análisis Exploratorio de Datos Espaciales (AEDE).

A continuación, se describen las características de estas técnicas y el software usado para la cartografía.

Mapa de calor (Heatmaps)

Esta función “toma cantidades conocidas de algunos fenómenos y las expande a través del paisaje basándose en la cantidad que se mide en cada ubicación y la relación espacial de las ubicaciones de las cantidades medidas”²⁷; dichas superficies de densidad muestran la concentración de la entidad en cuestión (punto o línea), es decir, representa la cantidad de valores de un área de manera continua para comprender su expansión en el territorio.

Dentro de este tipo de análisis de densidad se pueden emplear distintas técnicas, pero la más conocida es la densidad de *Kernel*, la cual distribuye los eventos de forma continua y otorga a cada píxel una densidad específica; además de ello se debe definir un radio de influencia para precisar la vecindad del punto, esto se visualiza en círculos los cuales varían de tonalidad de acuerdo con la intensidad de casos en un área.

Tendencia Espacial

Esta técnica básicamente identifica si entre los datos de una variable hay alta relación con sus coordenadas geográficas. Por ejemplo, si se tienen datos de la pluviosidad en Colombia representados en un mapa, este reflejará si existe una uniformidad en la especialización de la cantidad de lluvia registrada, de ser así existiría una tendencia espacial, por su parte, si la distribución no es uniforme entonces se tendrá una heterogeneidad espacial.

Esto se puede representar por medio de mapas temáticos o diagramas de caja, los cuales pueden hallar valores atípicos superiores o inferiores en el territorio; dichos

²⁷ ArcGIS Pro. Comprender el análisis de densidad. [sitio web]. (Tomado de: <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/tool-reference/spatial-analyst/understanding-density-analysis.htm>)

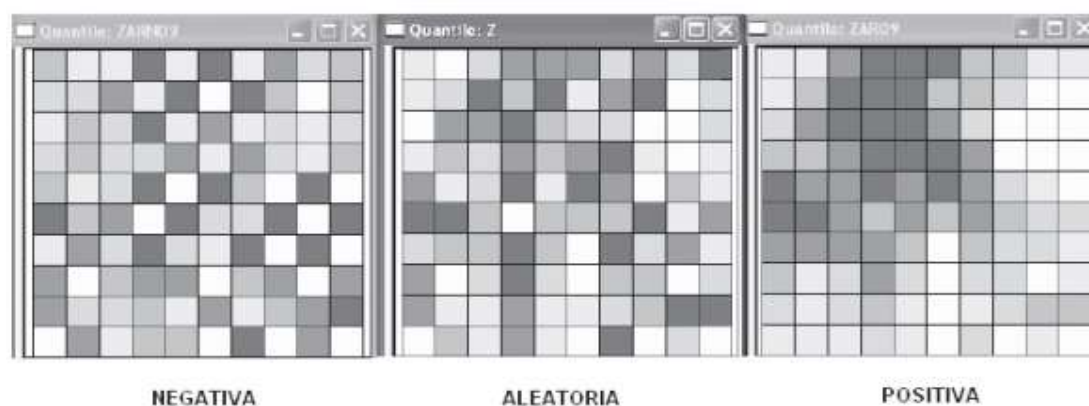
valores son situados por encima o por debajo de los valores mínimos y máximos²⁸. Así que, la importancia de conocer la tendencia es clave para un análisis de mayor confiabilidad y tener claro si existe o no una independencia de los datos.

Autocorrelación Espacial

La autocorrelación espacial busca verificar que la distribución espacial obtenida a partir de los valores de una variable no sea producida de manera aleatoria y por el contrario exista la presencia de un patrón espacial (concentración o dispersión). Lo anterior guiado de un principio muy conocido (ley de Tobler), el cual infiere que todo está relacionado con todo, pero las cosas más cercanas se encuentran más relacionadas entre sí que con las más lejanas²⁹.

Este método resulta útil para determinar si las variables en cuestión tienen características similares en relación con la distancia. Si se encuentran comportamientos comunes entre unidades espaciales cercanas, se confirma una autocorrelación espacial positiva; si las mediciones son opuestas habría una autocorrelación espacial negativa; y una ausencia de autocorrelación indicaría una distribución generada aleatoriamente³⁰. Además, la autocorrelación espacial permite evidenciar probabilidades de concentración espacial en el territorio, es decir, el porcentaje de que en cierta zona haya concentración de alguna variable.

Ilustración 6 Tipos de autocorrelación espacial



Fuente: ANSELIN, 2003. Citado en: CELEMÍN Juan. Autocorrelación espacial e indicadores locales de asociación espacial. Importancia, estructura y aplicación. *Revista Universitaria de Geografía*. 2009. Vol. 18: pp.11-31. (Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=383239099001>).

²⁸ OLAYA Víctor. Sistemas de Información Geográfica. [sitio web]. Tomado de: <https://volaya.github.io/libro-sig/index.html>

²⁹ FUENZALIDA, Manuel.; BUZAI, Gustavo. D.; MORENO, Antonio & GARCÍA DE LEÓN, Armando. Geografía, geotecnología y análisis espacial: tendencias, métodos y aplicaciones. En: Universidad Alberto Hurtado. Departamento de Geografía. 2018.

³⁰ Ibid., p 195.

Quantum GIS

QGIS es un Sistema de Información Geográfica (SIG) de Código Abierto licenciado bajo GNU - General Public License. QGIS es un proyecto oficial de Open Source Geospatial Foundation (OSGeo). Corre sobre sistemas operativos como: Linux, Unix, Mac OSX, Windows y Android y soporta numerosos formatos y funcionalidades de datos vector, datos ráster y bases de datos³¹. Usando este software se elaboró la cartografía, es decir, los mapas de densidad y tendencia espacial. Además, como se mencionó anteriormente, este proporciona un geocodificador el cual fue requerido para localizar manualmente las direcciones no encontradas por el *Geocodificador de Direcciones Urbanas SSPM*, por esta razón se seleccionaba la intersección entre calle y carrera para ubicar cada caso.

Objetivo específico 3: Identificar la presencia de conglomerados espaciales de casos.

La búsqueda de conglomerados espaciales se consiguió por otras técnicas de estadística espacial, tales como: mapas de clúster, significancia y diagramas de dispersión de Morán, los cuales fueron elaborados desde el programa *GeoDA*, y así se identificó la presencia o ausencia de estos.

Conglomerados espaciales

De acuerdo con Ana María Valbuena y Laura Andrea Rodríguez, un conglomerado “hace referencia a un aumento o exceso de casos en ubicaciones específicas o un patrón inusual en un área de estudio”³², es decir, un número de casos mayor/menor al que normalmente se esperaría, esto llevaría a evaluar las posibles causas que puedan ser intervenidas para disminuir el riesgo en la población.

En este sentido, resulta útil hacer uso de este método en las investigaciones de este tipo, dado que ayuda a detectar posibles conglomerados en un área de estudio, de este modo, se pueden evaluar zonas con comportamientos espaciales anormales.

I de Morán

Según Juan Celemín, el Índice de Moran o “I de Moran”, es uno de los índices estadísticos de LISA (Local Indicators of Spatial Association), por sus siglas en inglés

³¹²⁹ QUANTUM GIS, QGIS. Descubre QGIS, QGIS - El SIG Líder de Código Abierto para Escritorio [sitio web]. [Consultado el: 24 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://www.qgis.org/es/site/about/index.html>

³²³⁰ Valbuena, Ana María, Rodríguez, Laura Andrea. *Análisis espacial en epidemiología: revisión de métodos*. En: *Rev Uni Ind Santander Salud*. 2018. Vol 50(4). p 362. doi: 10.18273/revsal.v50n4-2018009.

o, Análisis de Patrones Locales de Asociación Espacial, el cual sirve para medir la autocorrelación espacial³³. Posee una matriz de pesos espaciales que determina el grado de asociación entre las observaciones basadas en los vecinos más cercanos.

El I de Moran se expresa en notación matricial como:

$$I_i = \frac{N \sum_i \sum_j w_{ij} (x_i - \bar{x}) (x_j - \bar{x})}{(\sum_i \sum_j w_{ij}) \sum_i (x_i - \bar{x})^2}$$

Dónde: N es el total del número de áreas; w_{ij} es la medida de peso espacial de la contigüidad; x_i y x_j denota los valores observados para las áreas i y j respectivamente; y $\bar{x}$ es el promedio de los valores de los atributos. Dicho indicador representa cuatro cuadrantes a través del diagrama de dispersión, los cuales corresponden a los lugares en los que los valores están representados. En el cuadrante superior derecho se presentan las zonas de alta incidencia y en el cuadrante inferior izquierdo se presentan las zonas de baja incidencia, en ambos casos se indica una correlación espacial positiva; los otros dos cuadrantes muestran una correlación espacial negativa. Los resultados del I de Moran oscilan entre -1 y $+1$ ³⁴. Dicho de otro modo, si el resultado del diagrama de Moran es cercano a 1 significa alta correlación en las variables, y viceversa, si es cercano a -1 refiere baja correlación; igualmente, si el coeficiente es cercano a 0 indica aleatoriedad espacial.

GeoDA

GeoDA es una herramienta de código abierto y gratuita, útil para el manejo y análisis de datos espaciales. Está diseñada para facilitar nuevos conocimientos del análisis de datos mediante la exploración y el modelado de patrones espaciales y aunque no es necesariamente un SIG, acepta la mayoría de los formatos de este tipo³⁵. Su uso en el presente estudio fue necesario para la elaboración de los mapas de autocorrelación y significancia espacial (LISA), elementos determinantes para encontrar clústeres.

³³ CELEMÍN Juan., Op cit, p 17.

³⁴ FUENTES, César & SÁNCHEZ, Omar. La distribución espacial del robo a transeúntes y el contexto socioeconómico en tres delegaciones de la Ciudad de México. Elementos para una política de seguridad pública. En: *Revista Gestión y Política Pública*. Ciudad de México, 2017. Vol. 26, Nro. 2. p.426.

³⁵ PUCE. Introducción a GeoDa. [sitio web]. [Consultado el: 25 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://puceapex.puce.edu.ec/web/cev/introduccion-a-geoda/>.

RESULTADOS

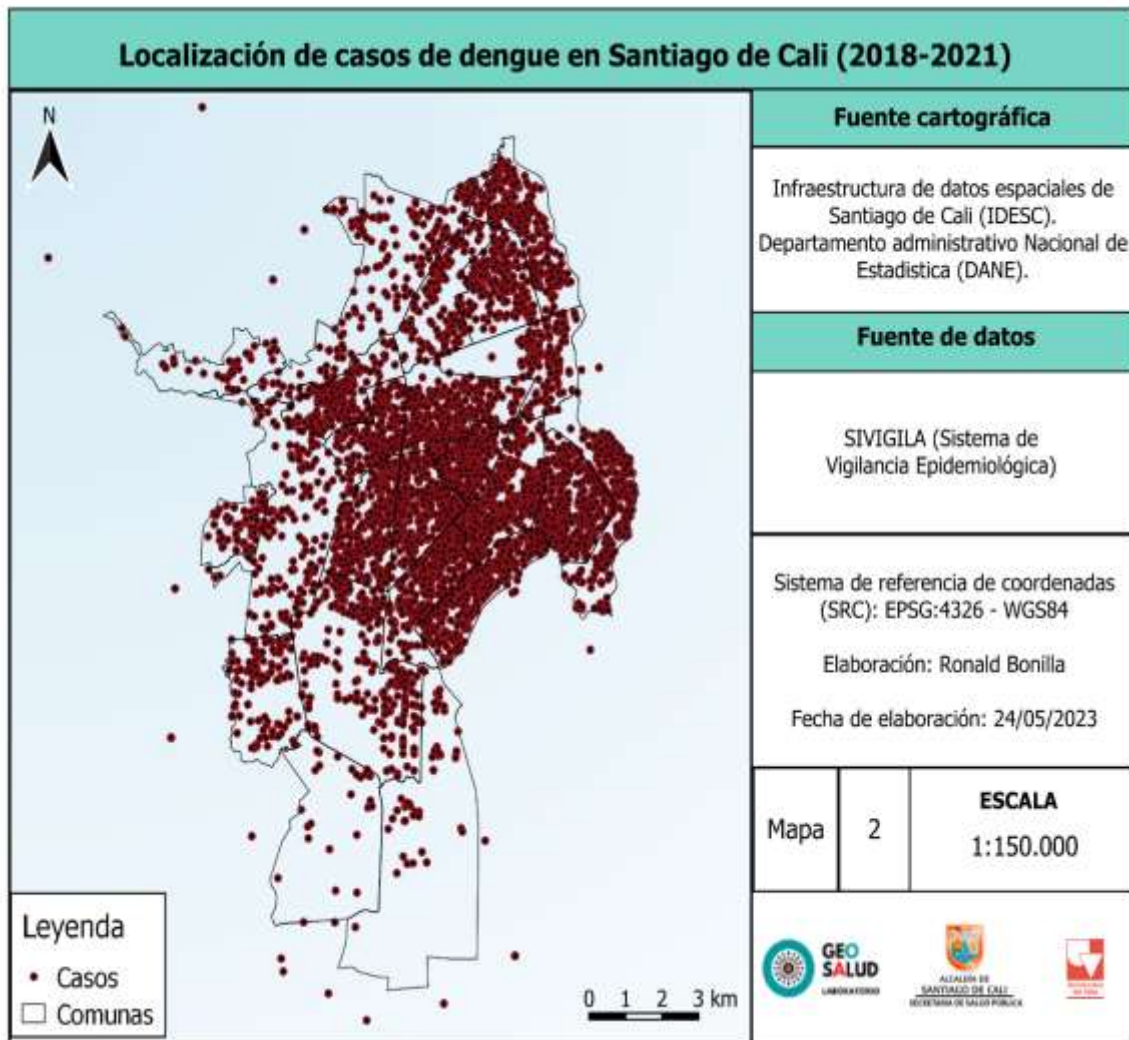
Localización de los casos de dengue

En primer lugar, como ya se ha dicho, el Sistema Nacional de Vigilancia en Salud Pública compartió la base de datos al laboratorio de Geosalud, esta tenía 10.116 reportes de casos de dengue en el municipio. En segundo lugar, se empezó el proceso de depuración y se descartaron datos por presentar anormalidades (errores en su digitación o pertenecer a zonas distintas a la ciudad de Cali). Tercero, al ingresar la base de datos al aplicativo del SIVIGILA se geocodificaron 4.957 datos, por lo que el resto debió verificarse en el software *QGIS* y se localizaron manualmente 1.671 direcciones, por consiguiente, se obtuvo un total de 6.628 casos geocodificados, es decir el 66%. En pocas palabras, se perdió una moderada cantidad de casos que no fueron confirmados, otros no se pudieron ubicar y algunos por ser de otros municipios.

Es importante aclarar que, para la localización de los casos de dengue, la variable de dirección de residencia no significa que la persona haya contraído el virus dentro de la vivienda, pero fue la forma más eficiente de precisar un punto de ubicación. Todo ello permitió dar inicio al Análisis Exploratorio de Datos Espaciales, con el fin de encontrar posibles patrones espaciales de casos, probables focos de concentración, y/o locaciones atípicas.

El mapa de localización (mapa 2) muestra la distribución espacial de los casos geocodificados, este es el resultado de las 6.628 direcciones de residencia convertidas a *shapefiles* durante el periodo 2018-2021. Este tipo de representaciones se suelen hacer en los estudios sobre patrones espaciales de cualquier evento en salud.

Mapa 2 Localización de casos de dengue



Fuente: Elaboración propia.

En el anterior mapa se observa que durante estos años la ciudad de Cali tuvo registros de población enferma en gran parte del área urbana. Los casos que se visualizan por fuera de la ciudad pertenecen principalmente a algunos casos en los corregimientos de La Buitrera, Pance y Navarro, los cuales son los más cercanos a la ciudad.

Análisis de casos densidad de calor

El mapa de densidad representa la concentración del conjunto de casos registrados de dengue en la ciudad de Cali, para este estudio se definió un radio de búsqueda de 2000 m, ya que por decisión propia dicho valor presentaba una mejor visualización para observar focos de concentración, además porque un radio menor daba un enfoque muy puntual a cada caso, y un radio grande arrojaba áreas muy extensas. Así mismo, se realizó el recorte para la zona urbana porque es el área definida para

este estudio, teniendo en cuenta que presenta la principal cantidad de casos en todo el municipio.

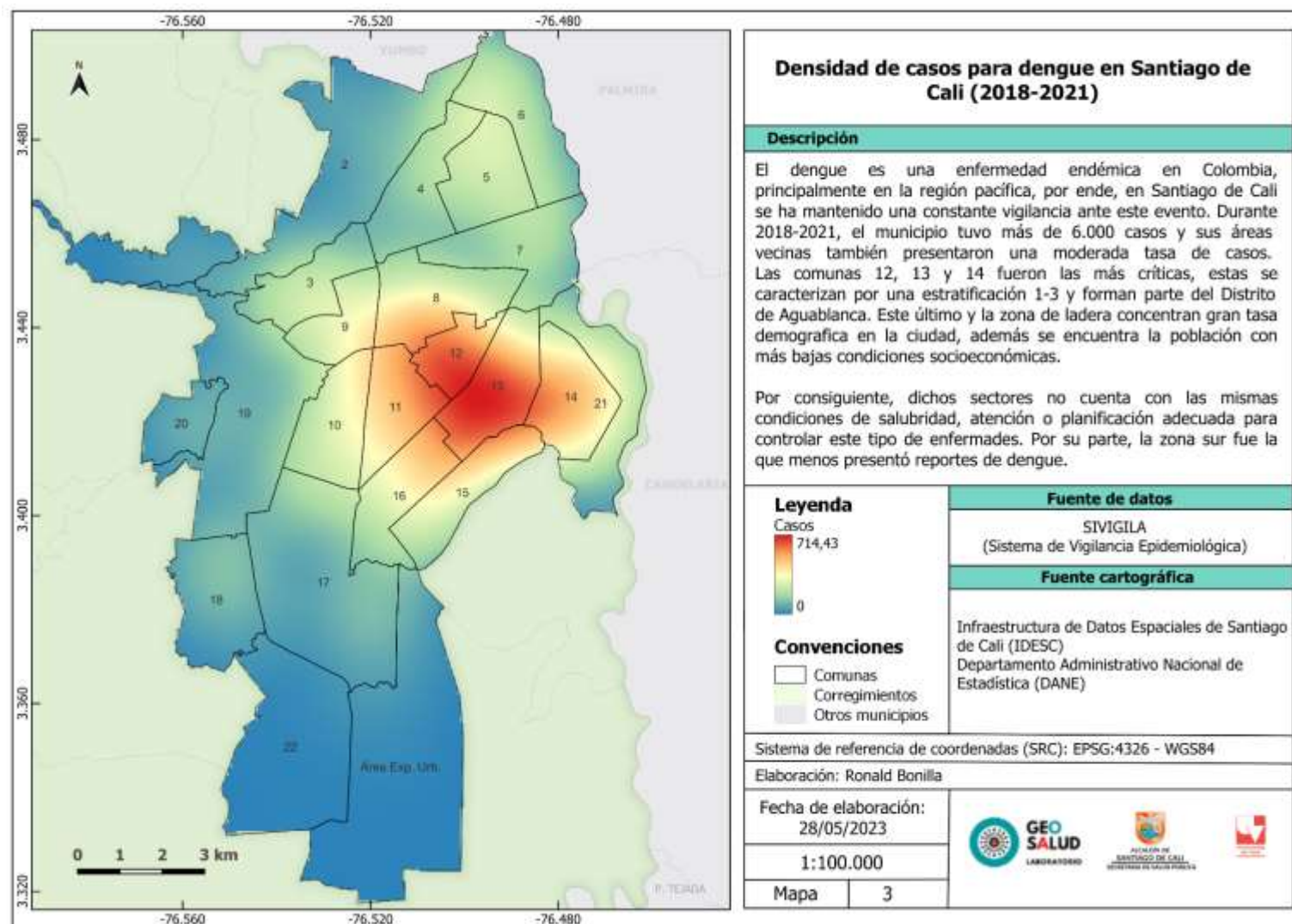
El resultado muestra (ver mapa 3) que de forma continua desde la comuna 21 situada al extremo oriente hasta la comuna 8 cerca al nororiente de la ciudad, se encontró el mayor número de casos de contagio por este virus, más aún, el principal foco de concentración se evidencia entre las comunas 12, 13 y 14. Como se dijo en la descripción, estas poseen barrios con estratificación 3, 2 y 1, están situadas en el Distrito de Aguablanca y de acuerdo con diagnósticos realizados por el DANE esa es la zona con mayor densidad de vivienda en la ciudad³⁶. También, se puede apreciar una densidad media en las comunas 15 y 16, igualmente pertenecientes al Distrito de Aguablanca. Por su parte, en la zona norte la densidad de casos fue mediana, en el occidente los casos fueron un poco menores, y finalmente la zona sur tuvo menor riesgo.

A partir de lo evidenciado, se hizo interesante mirar el comportamiento espacial por años separados, puesto que durante la consolidación de casos en la base de datos se hallaron diferencias en la cantidad de sucesos por año; es decir, para 2018 se encontró 1 caso; en 2019, 684 casos; en 2020, 38 casos; y en 2021 de 5.907 casos localizados. Lo anterior muestra que en 2019 y 2021 hubo gran registro de casos, mientras que en 2018 y 2020 hubo menos reportes, posiblemente por menor vigilancia ante este evento o disminución de casos, puesto que, a modo de aclaración la depuración de casos no impactó en la poca incidencia de casos resultante.

Siguiendo el mapa 4, se nota una alta superioridad de casos en el año 2021, ya que alcanza a concentrar hasta 665 casos entre las comunas 12 y 13. Sumado a esto, se observó que en el año 2018 la incidencia de casos fue mínima, pero en el 2019 los registros se dieron en casi la totalidad de la ciudad, revelando una anomalía en las comunas 14 y 21. Adicionalmente, muchos casos descartados pertenecían al municipio de Candelaria (situada al límite oriente de la ciudad). Por otro lado, durante el 2020 la recurrencia de casos fue menor, pero dejó ver un foco de concentración, el cual creció exponencialmente para el año 2021.

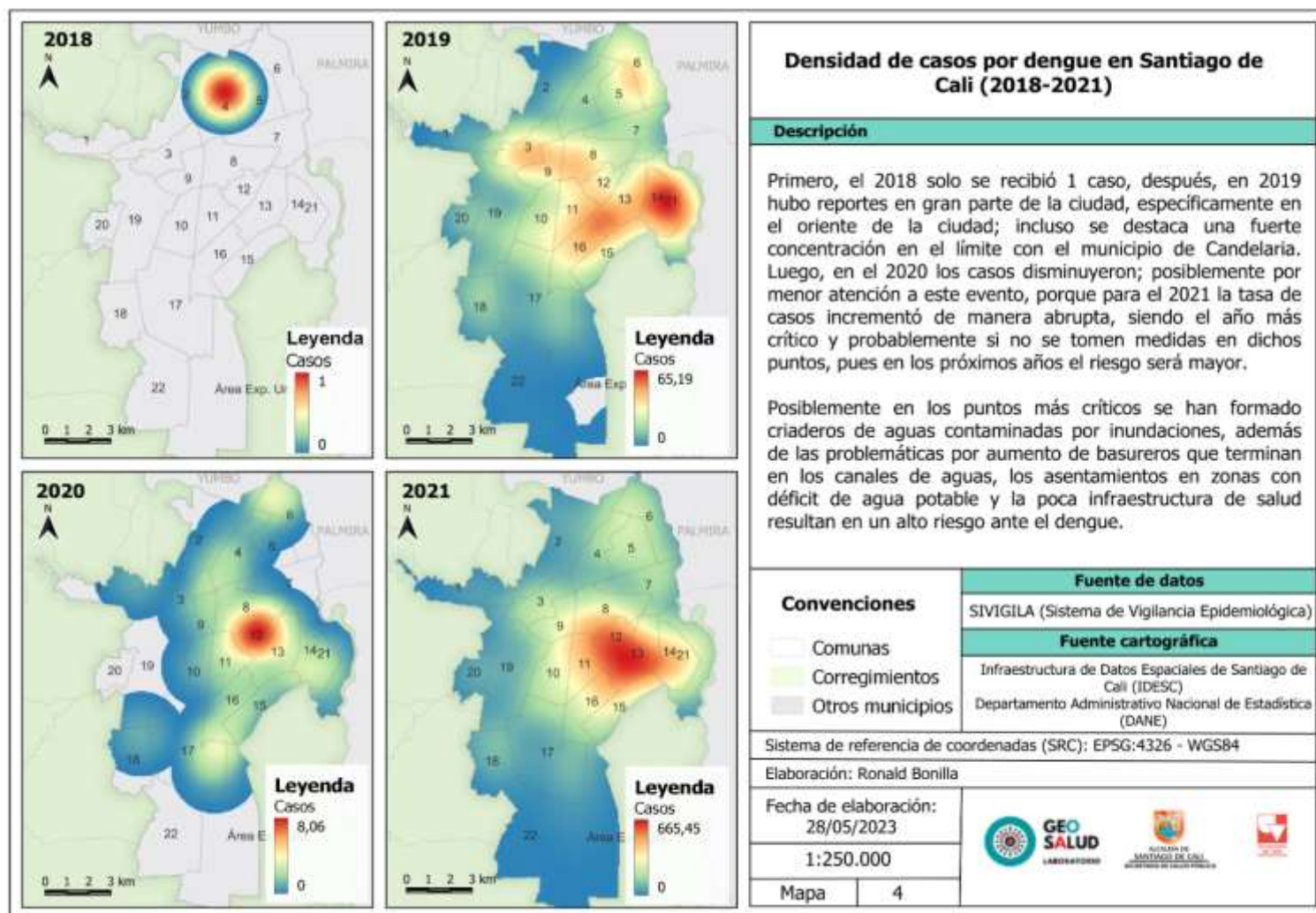
³⁶ DANE. Resultados Censo Nacional de Población y Vivienda 2018. 2019. (Consultado 28 de mayo de 2023) sitio web Disponible en: <https://www.dane.gov.co/files/censo2018/informacion-tecnica/presentaciones-territorio/190711-CNPV-presentacion-valle.pdf>

Mapa 3 Densidad de casos dengue (2018-2021)



Fuente: Elaboración propia.

Mapa 4 Densidad de casos por año (2018-2021)



Fuente: Elaboración propia

Análisis de tendencia espacial

Este análisis también fue realizado desde el software *QGIS*, dado que permite crear un conteo por polígonos, y de esta forma lograr observar en cuáles puntos de la ciudad se presentan más casos de dengue.

Inicialmente, se crearon cuadrículas en forma de hexágono tomando el *shapefile* de barrios, esto con la intención de visualizar áreas de igual tamaño, y que existiera una homogeneidad espacial. Lo anterior, no se podría realizar con los polígonos de comunas porque por factores político-administrativos estas no poseen tamaños similares y como consecuencia se tendría una diferenciación espacial entre las unidades geográficas. Sin embargo, la representación por medio de hexágonos puede llegar a dificultar la interpretación del mapa resultante, dado que se diluye un poco la noción del territorio, a pesar de ello, desde el software se identificó específicamente las comunas con mayor concentración de casos de dengue.

A partir de ello se obtuvo que, las comunas con baja tendencia espacial por casos de dengue fueron las situadas en el sur de la ciudad: 17,18, 22 y el área de expansión urbana. En el noroccidente la tendencia de localización de casos fue mediana, porque a pesar de contener sectores de 18 a 34 casos, sus alrededores no superaron los 17 casos, esto hace alusión a las comunas: 19, 20, 1, 2 y 4. Por su parte, la zona nororiente de la ciudad tuvo una tasa de casos medianamente alta, específicamente las comunas 6 y 7, caso similar a lo acontecido en las comunas 10 y 3.

En este sentido, la población del área del Distrito de Aguablanca ha sido la más afectada por el virus del Dengue, en dicho sector se encuentran barrios con estratificación económica baja, también se concentran muchas familias y aparte de las dificultades socioeconómicas posiblemente la situación ambiental no sea la mejor. En dicho sector de la ciudad, incluyendo las comunas 12, 13 y 14 el uso predominante del suelo ha sido residencial, pero no hubo una planeación urbana previa en los orígenes de muchos barrios y a través de los años esto ha llevado a diversas problemáticas sociales y ambientales³⁷.

Sumado a ello, según diagnósticos del DAGMA³⁸ (Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente) en estas comunas el principal problema ambiental identificado ha sido el manejo inadecuado de residuos sólidos, es decir, persisten sectores en donde el aspecto de salubridad no es buena y se encuentran vertederos de basuras, además se manifiestan asentamientos informales, por ende, estos

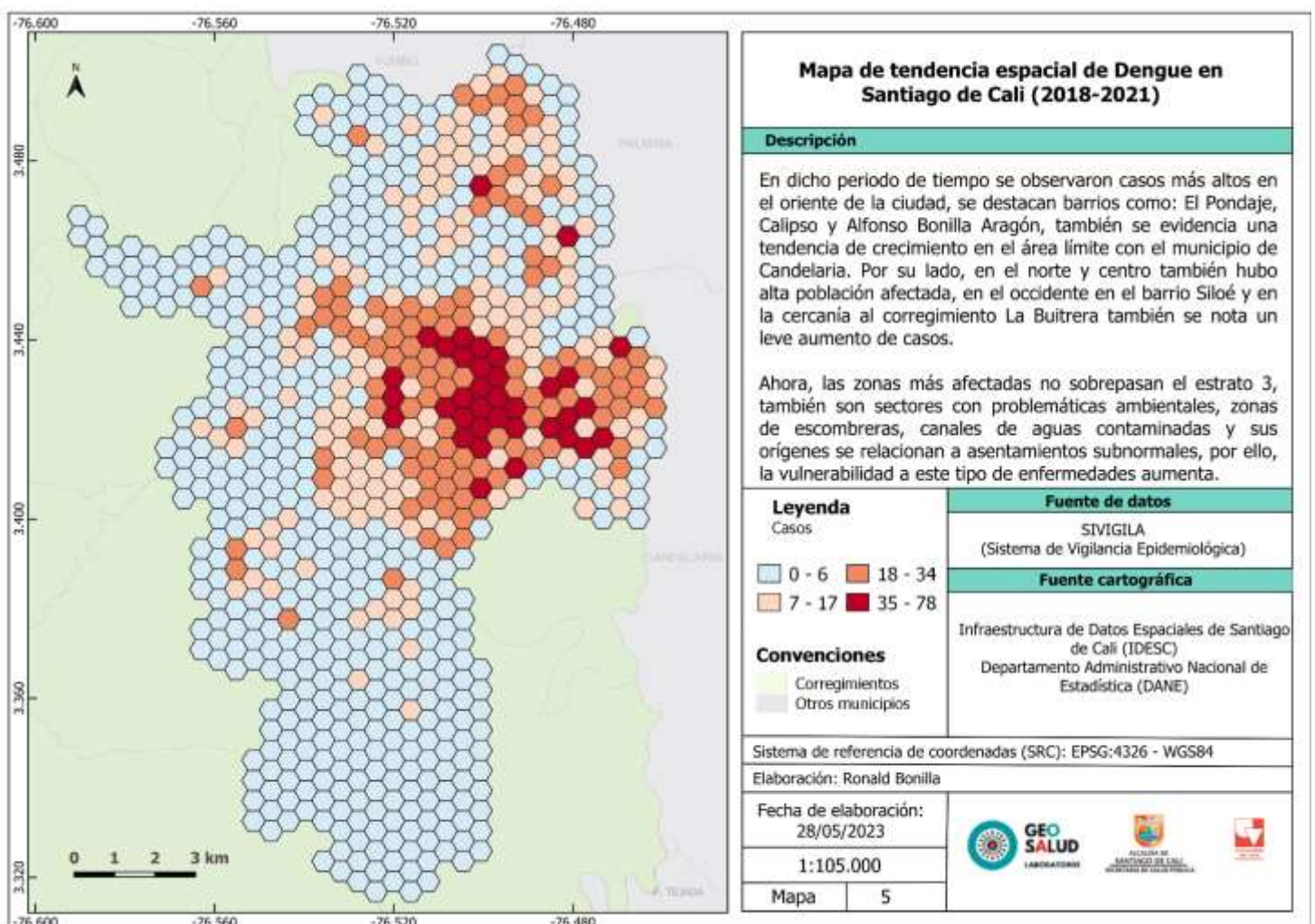
³⁷ DAGMA [sitio web]. Agenda Ambiental Comuna 14. [Consultado: 30 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://consejoambiental.files.wordpress.com/2009/05/comuna-142.pdf>

³⁸ DAGMA [sitio web]. Agenda Ambiental Comuna 13. [Consultado: 30 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://consejoambiental.files.wordpress.com/2009/05/comuna-131.pdf>

factores pueden aumentar las condiciones de vulnerabilidad ante eventuales brotes de enfermedades infecciosas; en este caso de dengue.

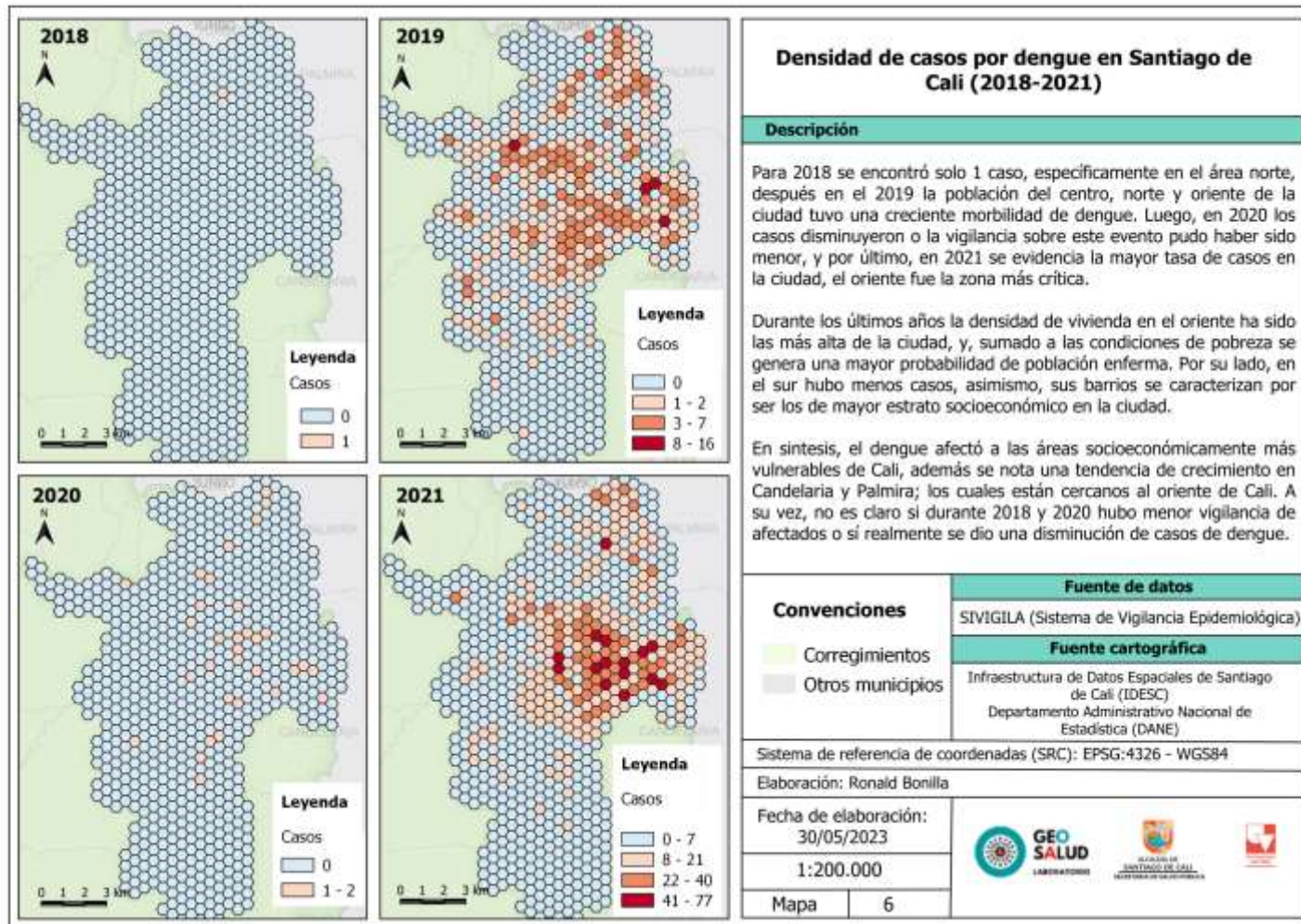
Seguido a esto, se realizó el mismo ejercicio para observar el comportamiento espacial (mapa 6) de casos por año, dejando claro que en los años 2019 y 2021 se presentó un brote de casos, reflejando una tendencia espacial alta en barrios como: El Rodeo, José Manuel Marroquín II, Alfonso Bonilla Aragón y El Pondaje, pertenecientes a las comunas 12, 13 y 14.

Mapa 5 Tendencia espacial



Fuente: Elaboración propia

Mapa 6 Tendencia espacial por año



Fuente: Elaboración propia.

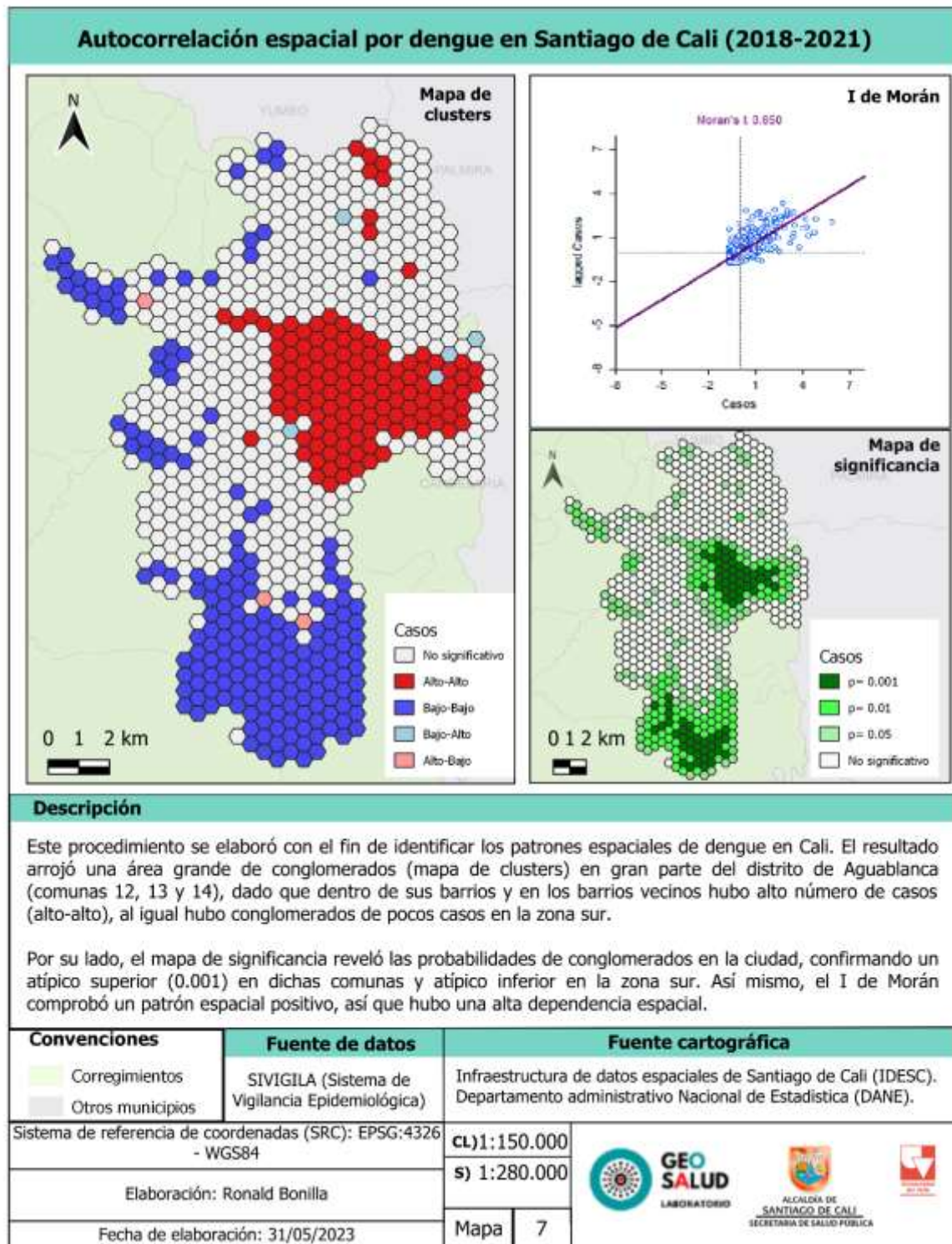
Análisis de autocorrelación espacial

En este apartado se realizó la representación de los mapas de clúster y significancia, los cuales indican la ausencia o presencia de conglomerados espaciales de casos de dengue. De este modo, por medio de la técnica LISA se representan conglomerados (alto-alto) sobre las comunas 12 y 13, es decir, se dieron numerosos casos en su interior y en las comunas más próximas; a su vez, se presentan conglomerados (bajo-bajo) para toda la zona sur. Adicionalmente, los valores en tonalidad gris reflejan las zonas sin autocorrelación espacial.

Por su parte, el mapa de significancia quiere decir que los hexágonos con valor $p=0.001$ de significancia infieren una probabilidad del 99.9% de concentración de casos, precisamente en estas comunas 12 y 13; de igual forma hubo el mismo porcentaje de probabilidad para baja concentración en la comuna 22. En cuanto a la significancia $p=0.01$, se entiende que existe una probabilidad del 99% en conglomeración de casos y el 95% se refiere a la significancia del $p=0.05$, estas dos últimas se presentaron principalmente en las áreas vecinas de los puntos más críticos de dengue en la ciudad.

Dicha salida también representó el diagrama de dispersión de Morán, el cual como se describió en una etapa anterior, sí se arroja un valor cercano a +1 o -1, se confirma una asociación espacial positiva o asociación negativa. En este caso, para la tasa de ocurrencia de casos de dengue se tuvo un I de Morán = 0.650, el cual determina que la autocorrelación espacial fue positiva; en otras palabras, se presentó una fuerte dependencia espacial que se puede observar en el mapa 7, puesto que la localización de las áreas de contagio tuvo cercanía entre sí, al igual que las de menor contagio.

Mapa 7 Autocorrelación espacial (2018-2021)



Como ya se pudo ver, el I de morán expresó una agrupación de casos de dengue, determinando un comportamiento espacial homogéneo en las zonas sur, nororiente y en el Distrito de Aguablanca de la ciudad, esto sucede porque los determinantes de un evento no dependen intrínsecamente de divisiones político-administrativas³⁹. Esto relacionado con la ya mencionada ley de Tobler: “todas las cosas están relacionadas entre sí, pero las cosas más próximas en el espacio tienen una relación mayor que las distantes”⁴⁰.

Seguido a esto, también resultó interesante identificar conglomerados en los años con más casos reportados, es decir, 2019 y 2021 (mapas 8 y 9).

A partir de ello, se encontró que durante el 2019 la categoría (alto-alto) se dio en la comuna 3 (zona noroccidente) y las comunas 14 y 21 (Distrito de Aguablanca). Por el lado de la categoría bajo- bajo se dio únicamente en la comuna 22 y en el área de expansión urbana (zona sur). Luego, al observar el resultado para el año 2021, se infiere un comportamiento espacial similar al observado para todo el periodo, debido a que en este año se presentó el mayor porcentaje de casos de dengue.

Respecto al I de Morán, este expresó para los dos años una asociación espacial positiva, dado que para 2019 hubo un $p=0.341$ y en 2021 un $p=0.634$. Lo anterior demuestra que el patrón espacial fue cambiante, puesto que la concentración que inició en parte de la zona noroccidente y nororiente se redujo y luego aumentó de gran manera en el distrito de Aguablanca. Cabe decir que, específicamente las comunas 3 y 9 (pertenecientes al mismo noroccidente) se caracterizan por ser un área las más altas congregaciones de usos mixtos comerciales, industriales y servicios institucionales, allí predomina el estrato socioeconómico medio y la densidad de vivienda no es tan fuerte como en las demás zonas de la ciudad; exceptuando el lado sur⁴¹.

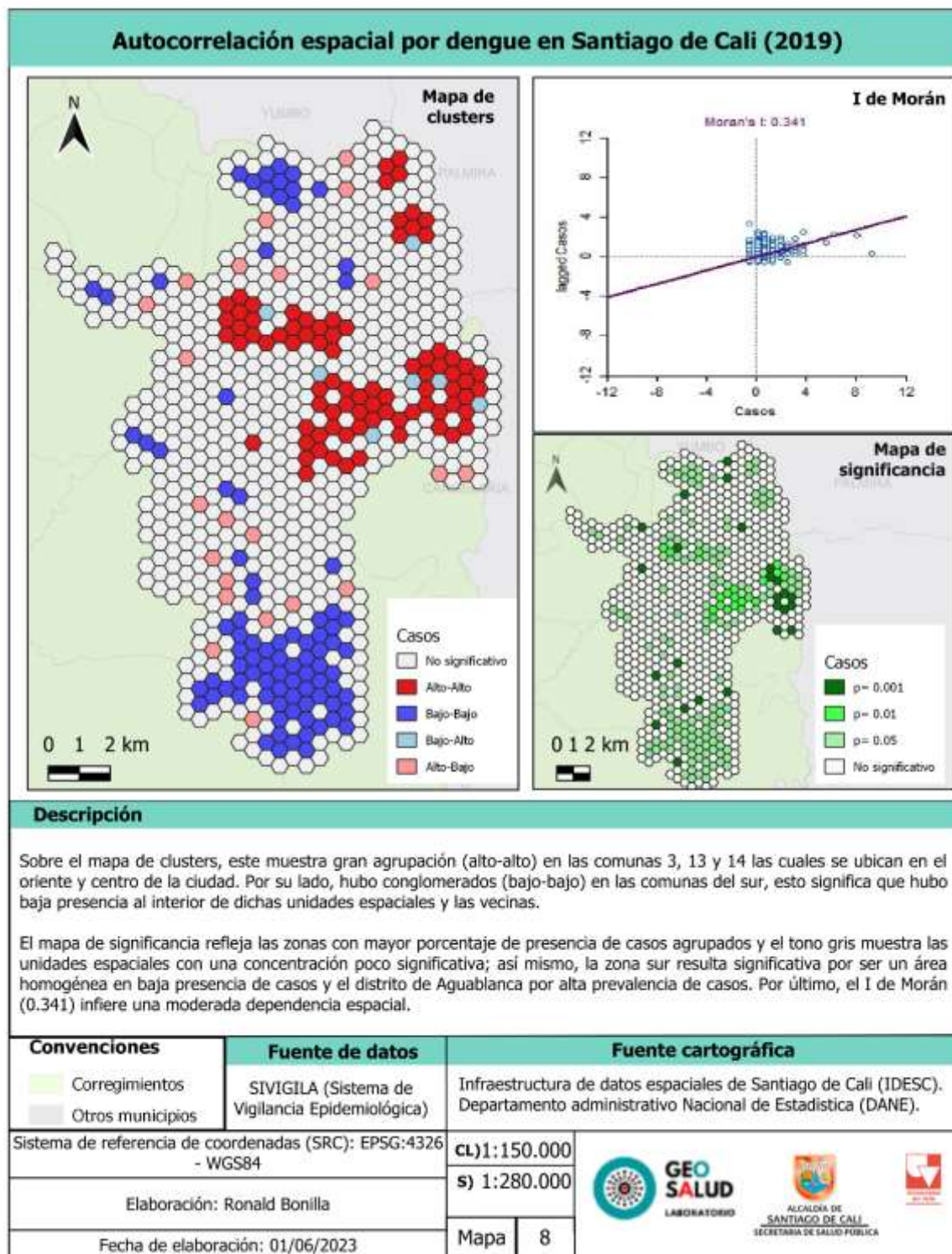
Por otro lado, la característica principal en la zona sur fue la baja presencia de casos, como se sabe en ella se encuentran los barrios con más alto estrato socioeconómico, la densidad poblacional es menor que el oriente y esto puede llegar a facilitar el control sanitario ante este tipo de enfermedades virales.

³⁹ PEÑA, Jenny., Op cit p 73.

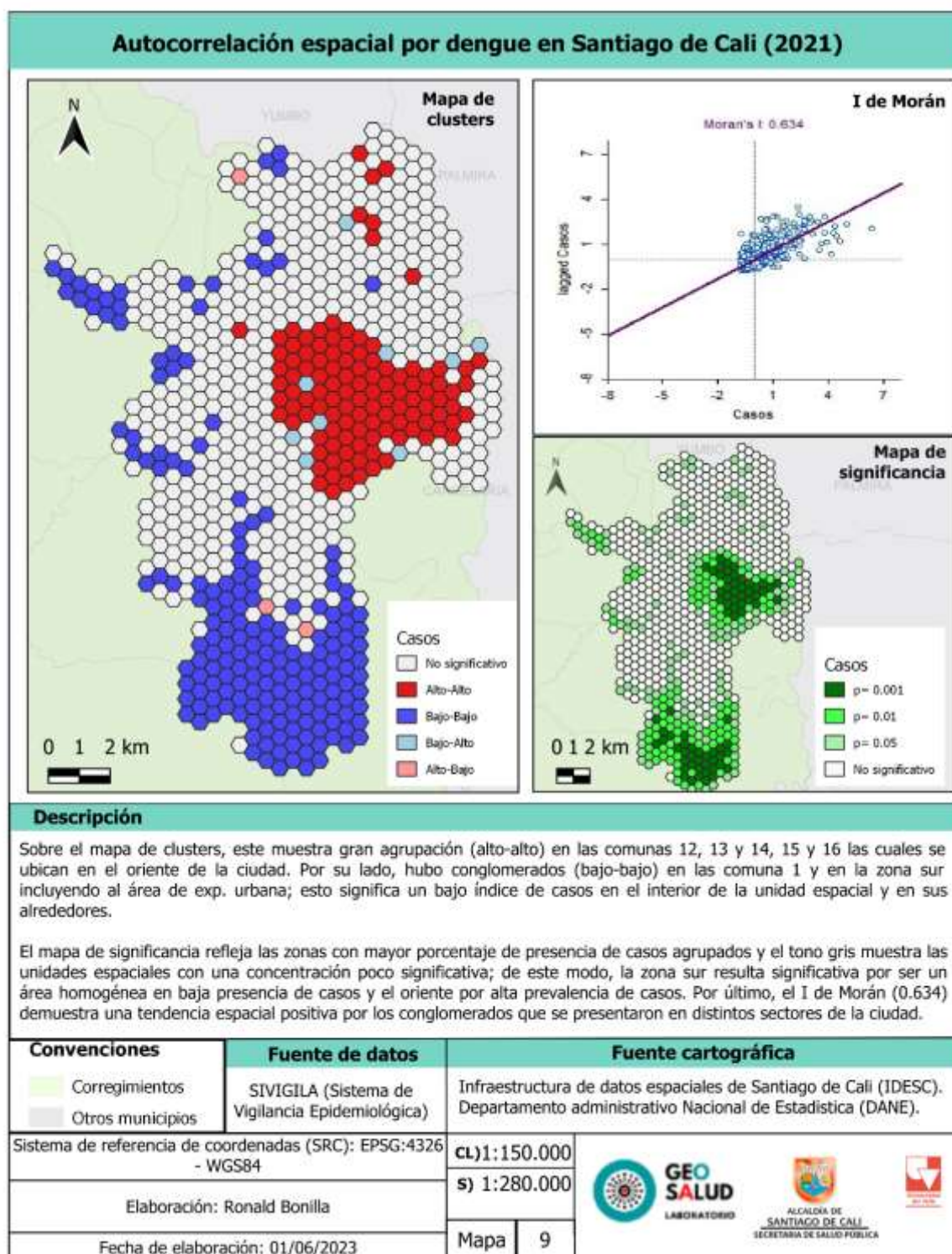
⁴⁰ Tobler, Waldo. A Computer Movie Simulating Urban Growth in the Detroit Region. *Economic Geography* 1970. Vol. 46, (Supplement). pp. 234–240. <https://doi.org/10.2307/143141>. Consultado el 3 de junio de 2023.

⁴¹ DAGMA [sitio web]. Agenda Ambiental Comuna 3. [Consultado: 8 de junio de 2023]. Disponible en: <https://consejoambiental.files.wordpress.com/2009/05/comuna-3.pdf>

Mapa 8 Autocorrelación espacial por dengue en Santiago de Cali (2019)



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

La depuración de la base de datos de casos de dengue del SIVIGILA para la ciudad de Cali permitió localizar los casos presentados desde 2018 a 2021, y mediante la aplicabilidad de las diversas herramientas del AEDE se logró cumplir cada objetivo planteado. Primero, se elaboraron mapas de densidad que reflejaron sobre una superficie continua el patrón espacial de los casos en la ciudad; segundo, se realizaron mapas de tendencia a base de hexágonos para representar con unidades espaciales homogéneas el número de casos de dengue; y, por último, el análisis de autocorrelación espacial fue un gran insumo para la identificación de presencia o ausencia de conglomerados, mostrando niveles de significancia y el valor obtenido por el I de Morán.

De lo anterior, se concluye que la ciudad en general ha presentado casos de dengue en cada comuna, pero debido a las condiciones ambientales y socioeconómicas de ciertas zonas, finalmente se tuvieron sectores con mayor presencia del virus.

En este sentido, a pesar de que en 2019 se presentó cierto conglomerado en el noroccidente de la ciudad, este luego disminuyó. De tal manera, para el periodo de estudio, las áreas con mayor incidencia de casos fueron las comunas: 8, 11, 12, 13, 14, 15 y 16, es decir, casi la totalidad del oriente de la ciudad; incluyendo al distrito de Aguablanca.

Por su parte, las comunas que tuvieron un menor grado de recurrencia de casos fueron las: 1, 2, 20, 17, 22 y el área de expansión urbana. Ahora, en cuanto a conglomerados espaciales, se concluye que, si hubo presencia tanto de atípicos superiores como inferiores, específicamente la mayor presencia de casos se situó sobre las comunas 12 y 13 de la ciudad (zona oriente), y el área con menor presencia de población afectada fue sobre comuna 22 (zona sur).

Adicionalmente a esto, se identificó que hubo un brote importante de casos de dengue en el año 2021 y se evidenció una localización espacial similar al reporte presentado del primer semestre de dicho año por el SIVIGILA. Según dicha notificación, para el inicio de ese año hubo mayor incidencia en las comunas 13 y 14⁴², pertenecientes al distrito de Aguablanca. Lo anterior, demuestra que se deben primar mayores esfuerzos en salud, puesto que son barrios de bajo estrato socioeconómico, mayor densidad poblacional y sus condiciones de vulnerabilidad pueden ser mayores, agregando que, las condiciones de salubridad de estas comunas pueden estar incidiendo en el brote de dengue.

⁴² SECRETARÍA DE SALUD PÚBLICA DISTRITAL DE CALI. Vigilancia dengue Santiago de Cali primer trimestre 2021. 2021. p 5.

Por otro lado, como caso opuesto se encuentra el resultado obtenido por Jenny Peña en su estudio sobre la evaluación de la distribución espacial de la enfermedad para el año 2010, puesto que, para dicho momento, la mayor incidencia de casos se dio en las comunas 3, 9, 10, 17, 18, 19 y 20⁴³, pertenecientes al noroccidente y parte del sur de la ciudad, por consiguiente, se encuentra que el patrón espacial de dengue en Santiago de Cali ha presentado variaciones espaciales en los últimos años, presentando un mayor riesgo en la zona oriente del área urbana.

Para concluir, este trabajo deja ver de manera general el panorama de dengue en la ciudad, sin embargo, sería necesario realizar investigaciones que profundicen e intervengan en el territorio para evitar nuevos brotes en los próximos años, añadiendo variables que aporten a una explicación de la espacialidad de esta enfermedad desde diversos campos disciplinares, ya que se deben tener en cuenta múltiples perspectivas sociales, ambientales, económicas y biológicas, las cuales al final de una manera u otra buscan el bienestar de la población.

Finalmente, este estudio también resulta siendo un insumo importante para los entes institucionales, ya que pueden reconocer puntos críticos de la ciudad y así intervenir a través de programas preventivos, priorización de áreas y demás estrategias que sirvan para mejorar ineficiencias y desigualdades de salud en el territorio.

REFLEXIÓN SOBRE LA EXPERIENCIA EN LA PASANTÍA

A manera de opinión, la experiencia en la pasantía fue gratificante porque mi objetivo personal era involucrarme en el campo de la Geografía de la salud, la cual descubrí en los últimos semestres de la carrera. Durante este proceso conseguí involucrar el aprendizaje adquirido en torno a las dinámicas espaciales que se dan en el territorio, teniendo en cuenta que el proyecto se basó en Santiago de Cali, pues me llevó a adentrarme y conocer un poco más la ciudad en que habito. La pasantía también me ayudó a ver desde nuevas perspectivas el dinamismo urbano, principalmente durante el proceso de geocodificación, ya que logré ver cómo ciertos sectores de la ciudad resultan afectados por múltiples enfermedades y la inequidad espacial existente en servicios de salud. Todo ello me permitió discernir la manera en que finalmente esta rama disciplinar juega un papel importante en la toma de decisiones para el ordenamiento territorial.

Así mismo, logré recoger nuevo aprendizaje por parte de mi tutor y demás profesionales que supervisaban la labor del grupo de trabajo, ya que impartieron

⁴³ PEÑA, Jenny., Op cit p 91.

asesorías para el uso de las técnicas que se usaron y la comprensión de cada resultado obtenido. Adicionalmente, fortalecí mis capacidades en el uso y manejo de Sistemas de Información Geográfica y técnicas pertenecientes al AEDE.

Por otro lado, en torno a las dificultades presentadas durante este trabajo se puede mencionar la etapa de depuración y geocodificación de datos, dado que se recibió mucha dirección mal digitada, por consiguiente, una moderada cantidad de casos no pudo ser localizada.

Aparte, en forma de recomendación, sería pertinente que el programa de Geografía pudiera incorporar a su estructura curricular electivas profesionales que aborden temáticas más profundas sobre la geografía de la salud.

Por último, se podrían destacar algunos elementos que a modo de consideración son relevantes en el vínculo entre la pasantía del programa de Geografía y el laboratorio de GeoSalud:

- Enriquecimiento de conocimientos por parte del pasante al involucrarse en un área multidisciplinar y lograr integrarlos a sus habilidades y funciones como futuro geógrafo.
- Enriquecimiento de nuevos saberes por parte de los profesionales de demás áreas de la salud, ya que comprenden la capacidad y aporte del geógrafo en este tipo de investigaciones que involucran dinámicas territoriales.
- Crecimiento como programa de Geografía de la Universidad del Valle en torno a participación en la rama de la geografía de la salud.

En conclusión, esta fue una experiencia muy enriquecedora que a modo de sugerencia debería seguir realizándose porque muchos estudiantes probablemente también tienen intereses en esta área de la carrera, y este tipo de pasantía resultan siendo indicadas para ello y finalmente, se termina fortaleciendo la presencia del geógrafo en el campo profesional, abriendo puertas para futuros colegas.

BIBLIOGRAFÍA

ACEVEDO, Ingrid & VELÁSQUEZ Ermilson. Algunos conceptos de la econometría espacial y el análisis exploratorio de datos espaciales. *Ecos de Economía*. 2008. Vol. 12, Nro. (27): 34 p.

ArcGIS Pro. Comprender el análisis de densidad. [sitio web]. (Tomado de: <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/tool-reference/spatial-analyst/understanding-density-analysis.htm>).

BARCELLOS Christovam, BUZAI Gustavo & SANTANA Paula. Geografía de la salud: bases y actualidad. *Salud Colectiva*. 2018. Vol. 14, Nro. (1): 4 p. doi: 10.18294/sc.2018.1763.

BUZAI, Gustavo. Análisis espacial en geografía de la salud: resoluciones con sistemas de información geográfica. Buenos Aires: Lugar Editorial, 2015. 243p.

CELEMÍN Juan. Autocorrelación espacial e indicadores locales de asociación espacial. Importancia, estructura y aplicación. *Revista Universitaria de Geografía*. 2009. Vol. 18: pp.11-31. (Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=383239099001>).

Consultoría para los Derechos Humanos. [sitio web]. La Comisión de la Verdad frente a las víctimas de Desplazamiento Forzado. 2018. [Consultado: el 8 de junio de 2023]. Disponible en: <https://codhes.wordpress.com/2018/05/09/la-comision-de-la-verdad-frente-a-las-victimas-de-desplazamiento-forzado/>.

DAGMA [sitio web]. Agenda Ambiental Comuna 3. [Consultado: 8 de junio de 2023]. Disponible en: <https://consejoambiental.files.wordpress.com/2009/05/comuna-3.pdf>

DAGMA [sitio web]. Agenda Ambiental Comuna 13. [Consultado: 30 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://consejoambiental.files.wordpress.com/2009/05/comuna-131.pdf>

DAGMA [sitio web]. Agenda Ambiental Comuna 14. [Consultado: 30 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://consejoambiental.files.wordpress.com/2009/05/comuna-142.pdf>

DE CORSO SICILIA, Giuseppe; RIVERA, Maribel & GALLEGGO Jaime. Métodos gráficos de análisis exploratorio de datos espaciales con variables espacialmente distribuidas. En: *Cuadernos latinoamericanos de administración*, 2017. Vol. 13, Nro. 25, pp. 92-104.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística. [sitio web]. Movilidad poblacional de Cali y su área metropolitana (Consultado 8 de junio de 2023). 2007. Disponible en: https://www.dane.gov.co/files/censos/analisis/cali/movil_cali.pdf

Departamento Administrativo Nacional de Estadística. Censo nacional de población y vivienda 2018-Colombia [Internet]. 2018. Disponible en: <https://bit.ly/3cdljqN>.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística. Resultados Censo Nacional de Población y Vivienda 2018. 2019. (Consultado 28 de mayo de 2023) [sitio web]. Disponible en: <https://www.dane.gov.co/files/censo2018/informacion-tecnica/presentaciones-territorio/190711-CNPV-presentacion-valle.pdf>.

FUENTES, César & SÁNCHEZ, Omar. La distribución espacial del robo a transeúntes y el contexto socioeconómico en tres delegaciones de la Ciudad de México. Elementos para una política de seguridad pública. En: *Revista Gestión y Política Pública*. Ciudad de México, 2017. Vol. 26, Nro. 2: pp.417-451.

FUENZALIDA, Manuel.; BUZAI, Gustavo. D.; MORENO, Antonio & GARCÍA DE LEÓN, Armando. Geografía, geotecnología y análisis espacial: tendencias, métodos y aplicaciones. En: Universidad Alberto Hurtado. Departamento de Geografía. 2018. 213 p.

GARZÓN, Jorge. La actual geografía de la salud, los sistemas de información geográfica y su aplicación teórico-práctica en el manejo de la pandemia a causa del Covid-19. Bogotá: Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales. 2021. 106 p.

Instituto Nacional de Salud. Informe de evento dengue, Colombia. Versión: 03. 2017. Fecha de consulta: 4 junio de 2023. Disponible en: (<https://www.ins.gov.co/buscador-eventos/Informesdeevento/DENGUE%202017.pdf>).

Instituto Nacional de Salud. Protocolo de Vigilancia en Salud Pública de Dengue. Versión 4. Colombia. 2022. 29 p.

ÍÑIGUEZ, Luisa & BARCELLOS Christovam. Geografía y salud en américa latina: evolución y tendencias. *Revista Cubana de Salud Pública* [en línea]. 2003. 29(4). pp 330-343. [fecha de Consulta 18 de mayo de 2023]. ISSN: 0864-3466. (Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=21429407>).

LANDEROS, Erick; SALAZAR, Bertha & CRUZ, Edith. La influencia del positivismo en la investigación y práctica de enfermería. En: *Index Enferm.* 2009. Vol. 18, Nro. 4: pp. 263-266.

LONDOÑO Libardo; RESTREPO Carolina & MARULANDA Elisabeth. Distribución espacial del dengue basado en herramientas del Sistema de Información Geográfica, Valle de Aburrá, Colombia. *Rev. Fac. Nac. Salud Pública.* 2014; Vol. 32, Nro. (1): pp 7-15.

MARTÍNEZ Martín; ABEL Fernando; MELÉNDEZ Álvarez; BERNARDO Francisco; MANRIQUE Corredor, EDWAR Javier; & ROBAYO Omar. Análisis histórico epidemiológico de la pandemia de gripa de 1918-1919 en Boyacá, un siglo después. *Revista Ciencias de la Salud.* 2019. Vol 17, Nro. (2): pp 334-351. ISSN: 1692-7273.

OLAYA Victor. Sistemas de Información Geográfica. [sitio web]. (Tomado de: <https://volaya.github.io/libro-sig/index.html>).

Organización Panamericana para la Salud. Dengue. [sitio web]. [Consultado: el 8 de mayo de 2023]. Disponible en: (<https://www.paho.org/es/temas/dengue#:~:text=El%20dengue%20se%20transmite%20a,m%C3%BAsculos%20y%20articulaciones%2C%20y%20eritema>).

PADILLA, Julio César; ROJAS, Diana Patricia; GÓMEZ, Roberto Sáenz. Dengue en Colombia: epidemiología de la reemergencia a la hiperendemia. Universidad del Rosario. Primera Edición. Bogotá D.C., Colombia. 2012. 248 p.

PEÑA, Jenny. Evaluación de la distribución espacial de casos de dengue en Santiago de Cali, año 2010. Santiago de Cali: Universidad del Valle. 2010. 104 p.

Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE). Introducción a GeoDa. [sitio web]. [Consultado el: 25 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://puceapex.puce.edu.ec/web/cev/introduccion-a-geoda/>.

QUANTUM GIS, QGIS. Descubre QGIS, QGIS - El SIG Líder de Código Abierto para Escritorio [sitio web]. [Consultado el: 24 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://www.qgis.org/es/site/about/index.html>

Redacción de El País [sitio web]. El dengue no para en Cali: 14 mil casos en el primer semestre del año. 2016. [Consultado el: 14 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://www.elpais.com.co/cal/el-dengue-no-para-en-14-mil-casos-en-el-primer-semester-del-ano.html>

SANTANA, Paula & LÓPEZ, Liliana. Introducción a la Geografía de la Salud: territorio, salud y bienestar. Toluca: Universidad Autónoma del Estado de México. 2014. 231 p. ISBN: 978-607-00-7909-2.

SECRETARÍA DE SALUD PÚBLICA DISTRITAL DE CALI. Vigilancia dengue Santiago de Cali primer trimestre 2021. 2021. 9 p.

Tobler, Waldo. A Computer Movie Simulating Urban Growth in the Detroit Region. *Economic Geography* 1970. Vol. 46, (Supplement). pp. 234–240. <https://doi.org/10.2307/143141>

VALBUENA, Ana & RODRÍGUEZ, Laura. Análisis espacial en epidemiología: revisión de métodos. En: *Rev Uni Ind Santander Salud*. 2018. Vol. 50, Nro. (4): pp. 358–365.

World Mosquito Program [sitio web]. Cali. [Consultado: 14 de mayo de 2023]. Disponible en: <http://www.eliminatedengue.com/colombia/Cali>

World Mosquito Program [sitio web]. Colombia. CONOCE LAS ÚLTIMAS NOVEDADES DE WORLD MOSQUITO PROGRAM EN CALI. [Consultado: 10 de mayo de 2023]. Disponible en: [https://www.worldmosquitoprogram.org/es/avances-nivel-mundial/colombia/cali#:~:text=World%20Mosquito%20Program.-,Para%20el%20mes%20de%20marzo%20del%202021%2C%20el%20proyecto%20se,a%C3%B1os%20\(2016%2D2020\)](https://www.worldmosquitoprogram.org/es/avances-nivel-mundial/colombia/cali#:~:text=World%20Mosquito%20Program.-,Para%20el%20mes%20de%20marzo%20del%202021%2C%20el%20proyecto%20se,a%C3%B1os%20(2016%2D2020))