

# **La naturaleza desigual de la pandemia COVID-19: Una evaluación de la seguridad hídrica en la cuenca del Alto Cauca.**

**Descripción de la distribución espacial de casos y defunciones  
por COVID-19 en la cuenca del Alto Cauca-UCRB.**

Informe final.

Universidad del Valle  
Laboratorio de GeoSalud  
2022



# **La naturaleza desigual de la pandemia COVID-19: Una evaluación de la seguridad hídrica en la cuenca del Alto Cauca.**

**Descripción de la distribución espacial de casos y defunciones  
por COVID-19 en la cuenca del Alto Cauca-UCRB.**

**David Fernando Núñez Fernández.**

**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  
Departamento de Geografía  
Laboratorio de GeoSalud  
Santiago de Cali  
2022**

## Nota de Aceptación

---

---

---

---

---

---

**Firma del presidente del jurado**

---

**Jurado**

---

**Jurado**

**Santiago de Cali, \_\_\_\_\_ de 2022**

## Agradecimientos y dedicatorias

En primera instancia, quisiera extender mi agradecimiento con la vida misma, la cual me ha permitido enfrentarme a retos, oportunidades, decepciones, tristezas, alegrías y victorias, de las cuales de alguna forma u otra siempre he logrado ver con optimismo y rescatar una enseñanza, total la vida está para eso, ser y hacer felices, aprender, acumular experiencias que te llenen el alma y amar. Por otra parte, agradecer profundamente a mi madre, la cual trasnochó y madrugó mucho tiempo para darme lo mejor de sí, su inmenso amor y sacrificio para formar la persona que soy, también, a mi difunto padre porque sé que estaría orgulloso de escuchar mi nombre el día de la graduación, su apoyo constante inmaterial y material, el cual fue y ha sido base para mis principios y creencias, al igual que mi hermana, que en el fondo sé que me quiere a su manera.

Por otro lado, agradecer con mucho cariño a mi compañera, mi novia, quien también me ha impulsado a perseguir mis metas y procura hacerme feliz a toda costa, ese amor reconforta mi ser, me entrega paz y tranquilidad, además, por la increíble sazón de su madre y abuela en muchos almuerzos que recibí en esos días de sortear trabajo y estudio.

De igual manera, agradecer inmensamente a todos los profesores del Departamento de Geografía, son personas excepcionales y maravillosas, y extenderme de manera especial a quienes tengo más presente: Ramón, Jaime, Daniel, Thomas, Luis Marino y Rodolfo, gracias, puesto que, su sabiduría, inteligencia, carácter y personalidad, marcaron mi formación, visión y mentalidad ante lo que me rodea, el territorio que caminamos, hacemos y sentimos, ustedes impregnan motivación, aprendizaje, conocimiento y valores a diario, mil gracias.

Por último, a todos los compañeros y amigos con quienes compartí a lo largo de mi formación académica, y en especial a Daniel Cuartas Arroyave, quien demuestra con su actuar que es una persona única, alegre, apasionada por lo que hace, comprometida, sencilla, y quien me brindó su tiempo, espacios, libros, reuniones y consejos para aprender, trabajar y culminar una etapa en mi vida. Gracias profe.

## Tabla de contenido

|                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Resumen .....                                                                               | 8  |
| Antecedentes .....                                                                          | 9  |
| Área de estudio .....                                                                       | 10 |
| Objetivo general .....                                                                      | 13 |
| Objetivos específicos .....                                                                 | 13 |
| Marco teórico.....                                                                          | 14 |
| Geografía de la Salud.....                                                                  | 14 |
| Distribución espacial.....                                                                  | 17 |
| Análisis espacial .....                                                                     | 18 |
| COVID-19 .....                                                                              | 19 |
| Metodología.....                                                                            | 21 |
| Obtención de datos.....                                                                     | 21 |
| Bases de datos .....                                                                        | 22 |
| Proceso de difusión .....                                                                   | 22 |
| Tasas de casos y mortalidad por COVID-19 .....                                              | 23 |
| Determinantes sociales de la salud .....                                                    | 23 |
| Análisis exploratorio de datos espaciales .....                                             | 24 |
| I de Moran.....                                                                             | 27 |
| Quantum GIS .....                                                                           | 27 |
| GeoDa .....                                                                                 | 28 |
| Resultados.....                                                                             | 29 |
| Primeros diez casos reportados en cada municipio – proceso de difusión. ....                | 29 |
| Tasa de Mortalidad .....                                                                    | 31 |
| Tasa de casos. ....                                                                         | 37 |
| Caracterización de la distribución espacial de los determinantes sociales de la salud. .... | 43 |
| Conclusiones y recomendaciones .....                                                        | 57 |
| Bibliografía.....                                                                           | 60 |

## Tabla de contenido de tablas, figuras, fichas y mapas.

### Tablas

|                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1. Listado de municipios de la Cuenca Alta del río Cauca..... | 11 |
|---------------------------------------------------------------------|----|

### Figuras

|                                                                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1. Mapa de cólera de John Snow.....                                                                                          | 14 |
| Figura 2. Dashboard de casos de COVID-19, perteneciente a la Universidad Johns Hopkins, consultado el 10 de diciembre de 2021. .... | 20 |
| Figura 3. I. de Moran Local Univariante - Tasa de mortalidad. ....                                                                  | 33 |
| Figura 4. Diagrama de explicación de distribución estándar.....                                                                     | 34 |
| Figura 5. Diagrama de distribución estándar, estadístico de prueba. Tasa de mortalidad....                                          | 34 |
| Figura 6. I. de Moran Local Univariante - Tasa de casos.....                                                                        | 39 |
| Figura 7. Diagrama de explicación de distribución estándar.....                                                                     | 40 |
| Figura 8. Diagrama de distribución estándar, estadístico de prueba. Tasa de casos. ....                                             | 40 |

### Fichas

|                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------|----|
| Ficha 1. Barreras de acceso a salud .....                               | 44 |
| Ficha 2. Estrato socioeconómico. ....                                   | 45 |
| Ficha 3. Sin aseguramiento a seguridad social en salud.....             | 46 |
| Ficha 4. Población con acceso a acueducto. ....                         | 47 |
| Ficha 5. Adultos mayores de 60 años. ....                               | 48 |
| Ficha 6. Población por etnias.....                                      | 49 |
| Ficha 7. Población con acceso alcantarillado. ....                      | 50 |
| Ficha 8. Población con acceso a servicio de recolección de basura. .... | 51 |
| Ficha 9. Población económicamente activa.....                           | 52 |
| Ficha 10. Población con hacinamiento crítico.....                       | 53 |
| Ficha 11. Población con acceso a servicios básicos. ....                | 54 |
| Ficha 12. Población total. ....                                         | 55 |
| Ficha 13. Población con trabajo informal.....                           | 56 |

## Mapas

|                                                                                                                                               |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Mapa 1. Mapa de localización de los municipios en la Cuenca Alta del río Cauca. ....                                                          | 12 |
| Mapa 2. Difusión espacial de COVID-19 en la Cuenca Alta del río Cauca. ....                                                                   | 30 |
| Mapa 3. Tendencia espacial de la tasa de fallecidos por COVID-19 en cuartiles en la Cuenca Alta del río Cauca. ....                           | 32 |
| Mapa 4. Autocorrelación espacial de conglomerados y significancia de la tasa de fallecidos por COVID-19 en la Cuenca Alta del río Cauca. .... | 35 |
| Mapa 5. Tendencia espacial de la tasa de casos por COVID-19 en cuartiles en la Cuenca Alta del río Cauca. ....                                | 38 |
| Mapa 6. Autocorrelación espacial y significancia de conglomerados de la tasa de casos por COVID-19 en la Cuenca Alta del río Cauca. ....      | 42 |

## Resumen

El COVID-19 es considerada una enfermedad respiratoria de leve a moderada y es un tipo de coronavirus que tuvo un brote de casos en 2019 en Wuhan, China, estos escalaron a todo el país y rápidamente a todo el mundo, para el 2020 la OMS declaró una pandemia y cientos de países entraron en una cuarentena colectiva y adquirieron protocolos y medidas de bioseguridad. Actualmente están realizándose investigaciones en diversos campos para entender su comportamiento, mutaciones, variantes, distribución, entre muchos más aspectos.

Entre esas investigaciones, la Universidad de Newcastle y la Escuela de Salud Pública de la Facultad de Salud de la Universidad del Valle, pretenden conocer más acerca de este nuevo coronavirus. Por ello, el presente trabajo recopila información acerca de los casos y defunciones por COVID-19 en la cuenca del Alto Cauca – UCRB<sup>1</sup> y como éstos se distribuyen espacialmente a lo largo del territorio. De igual manera, acerca de cómo los determinantes sociales de la salud; incluido el acceso al agua y el saneamiento, pueden incidir en la distribución de los casos en el área de estudio.

Esto se realiza a través de fuentes de información secundarias, como el Instituto Nacional de Salud – INS y el Departamento Nacional de Estadística – DANE. Principalmente, este trabajo se basó en análisis espacial y un análisis exploratorio de datos espaciales o AEDE, el cual, comprende análisis de asociación espacial, análisis de tendencia espacial y análisis de concentración espacial, dichos procesos fueron posibles al utilizar como herramientas los programas de GeoDa y QGIS.

Desde una perspectiva de la Geografía de la Salud, en la cual se enmarca este trabajo, los resultados obtenidos permitieron comprender la distribución de casos y defunciones en los 83 municipios que conforman la Cuenca Alta del río Cauca – CARC, identificar conglomerados de la tasa de casos y mortalidad en las zonas del viejo Caldas en el departamento de Quindío, en la franja central del Valle del Cauca, la zona metropolitana de Santiago de Cali y en el sur de la CARC en el departamento de Cauca. Además, de la descripción de la distribución espacial de los determinantes sociales de la salud en el área de estudio y su relación para la ocurrencia de casos de COVID-19.

**Palabras claves:** COVID-19, Análisis Espacial, Distribución espacial, Cuenca Alta del Río Cauca, GeoSalud.

---

<sup>1</sup> UCRB que en inglés significa Upper Cauca River Basin y que en español se ve traducido a CARC, Cuenca Alta del río Cauca.

## Antecedentes

Según algunos modelos de predicción, América Latina será la zona más afectada del mundo por la pandemia de COVID-19, y es que, a 14 de septiembre de 2020, la región en su conjunto ha tenido más de 8,3 millones de casos y más de 310.000 muertes. Y que, a esa fecha, era la zona más afectada del mundo junto con Asia. Las dos naciones más pobladas, Brasil y México, han visto el mayor número de muertes, más de 133.000 y 71.000 respectivamente, según datos de la Universidad Johns Hopkins<sup>2</sup>.

La pandemia del COVID-19 crea en el planeta y en Latinoamérica una triple crisis combinada y asimétrica: sanitaria, económica y social. Por otro lado, la zona muestra debilidades estructurales que producen fuertes problemas para abordar el triple reto de contención epidemiológica, recuperación económica y mitigación de los precios sociales. Las debilidades económicas de extensa data con amplios sectores de baja productividad y un modelo dual en el mercado gremial, la caída de la inversión y de la demanda agregada en la última fase del periodo económico en la zona, los niveles de pobreza y diferencia que las mejoras de la primera década del siglo no lograron revertir y las condiciones de habitabilidad e ingreso a servicios básicos atentan contra la probabilidad de abordar correctamente este desafío<sup>3</sup>.

Además, la distribución de la enfermedad está determinada por las múltiples dimensiones de las desigualdades sociales y de salud, incluida la etnia / raza; género; estatus socioeconómico; hacinamiento; acceso a la atención médica; las condiciones de trabajo; y acceso a agua y saneamiento.

Pero ¿cómo se distribuye en Colombia?, ¿la distribución de los casos es acorde a las desigualdades sociales y de salud, incluido el acceso al agua y el saneamiento? En este sentido, y en una escala más precisa, surge la siguiente inquietud: ¿Cómo es la distribución de casos y defunciones por COVID-19 en los municipios de la Cuenca Alta del Río Cauca? En este contexto, la Universidad de Newcastle, junto con la Escuela de Salud Pública de la Facultad de la Salud de la Universidad del Valle, promovieron un proyecto en el cual se pretende responder esa interrogante, a través del proyecto de: “La naturaleza desigual de la pandemia COVID-19: una evaluación de la seguridad hídrica en la cuenca del Alto Cauca”, patrocinado por Newcastle University’s Global Challenge Academy.

---

<sup>2</sup> BBC. Coronavirus en América Latina: ¿cuál es la situación de la pandemia en la región? [sitio web]. Londres, Reino Unido. 2020. [Consultado: 22 de noviembre de 2020] Disponible en: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-america-latina-54177336>

<sup>3</sup> COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE – CEPAL. América Latina ante la crisis del COVID-19: vulnerabilidad socioeconómica y respuesta social [sitio web]. Santiago de Chile, Chile. 2021. [Consultado: 20 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://www.cepal.org/es/publicaciones/46484-america-latina-la-crisis-covid-19-vulnerabilidad-socioeconomica-respuesta-social>

## Área de estudio

El Río Cauca es el segundo río más importante del país y es la principal arteria fluvial del Occidente Colombiano. Nace en el sur del país, en el Macizo Colombiano, entre el cerro del Cubilete y El Español, cerca al Páramo de Puracé, perteneciente a la cadena montañosa de los Kokonukos, en el departamento del Cauca, a una altura aproximada de 3.200 msnm, y desciende siguiendo su curso en dirección paralela a la Cordillera Occidental. Tiene una longitud de 1.360 kilómetros y desemboca en el río Magdalena en el Departamento de Bolívar, constituyéndose en su más importante afluente. Atraviesa de sur a norte nueve departamentos (Cauca, Valle del Cauca, Quindío, Risaralda, Caldas, Antioquia, Córdoba, Sucre y Bolívar) brindando grandes beneficios a cerca de 183 municipios<sup>4</sup>.

El área de estudio corresponde a la Cuenca Alta del Río Cauca – CARC (*ver mapa 1*), la cual se encuentra localizada entre la zona del eje cafetero y la zona del suroccidente de Colombia. La Cuenca Alta del río Cauca (CARC) tiene un área aproximada de 23.000 Km<sup>2</sup>, de los cuales el 32% se encuentra en el departamento del Cauca, 47% en el Valle, 13% en Risaralda y 8% en Quindío. Para el presente trabajo se trabaja sobre un total de 83 municipios distribuidos en 5 departamentos, de la siguiente manera: Valle del Cauca con 33 municipios, Cauca con 22 municipios, Quindío con 12 municipios, Risaralda con 9 municipios y Caldas con 6 municipios (*ver tabla 1*). Además, en ella se encuentran ciudades principales de la región andina como Cali, Armenia, Pereira y Popayán.

Además, la CARC alberga un 10,89% de la población total de Colombia, aproximadamente 5'480.000 habitantes, cabe resaltar que en esta área se encuentra la zona cafetera del viejo Caldas, el cual fue un departamento que existió entre 1905 y 1966, que posteriormente se fragmentó en lo que conocemos como Quindío, Risaralda y Caldas. Esta zona siempre ha albergado una relevancia económica, principalmente por el cultivo del Café, la cual ha impulsado aceleradamente el crecimiento de lugares de acopio en ciudades como, Manizales, Pereira y Armenia, a las cuales se les atribuye una conurbación económica dando como resultado, el eje cafetero, además la región ha tenido un gran desarrollo agropecuario principalmente por el cultivo de caña de azúcar<sup>5</sup>.

Por otra parte, esta área alberga ecosistemas como el bosque seco tropical y subtropical, los cuales están entre los ecosistemas más amenazados del mundo debido a las intervenciones

---

<sup>4</sup> RED INTERINSTITUCIONAL DE CAMBIO CLIMÁTICO Y SEGURIDAD ALIMENTARIA COLOMBIA [sitio web]. Colombia. RICCLISA. Quiénes somos - Zona de influencia del programa. [Consultado: 10 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://www.ricclisa.org/index.php/quienes-somos-ricclisa>

<sup>5</sup> LÓPEZ, Jairo Antonio. Movilización regionalista y nuevos poderes regionales: la fragmentación administrativa del Viejo Caldas y la creación de Risaralda. En: *Sociedad y Economía: Revista de ciencias sociales* [en línea]. Santiago de Cali: Universidad del Valle, enero-junio de 2011. nro. 21. p. 125-145. [Consultado: 13 de octubre de 2021]. Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=99622465002>. ISSN: 1657-6357.

antropogénicas, diversos humedales y lagunas que están reconocidas por la Convención de Humedales de Importancia Internacional – RAMSAR.

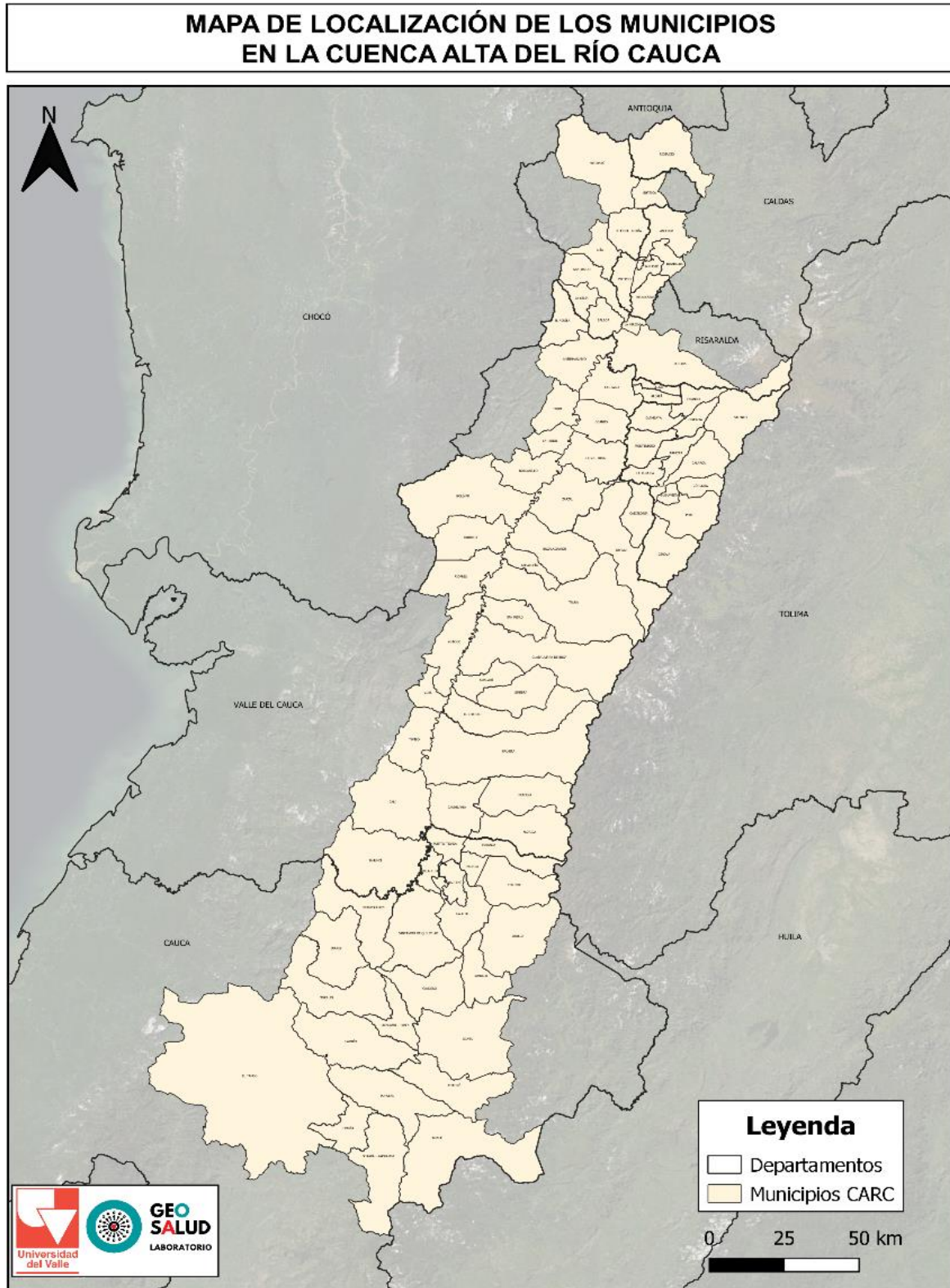
A momento es el corredor agrícola e industrial más importante de Colombia donde se desarrolla agricultura tradicional, cultivo de café, de caña de azúcar, frijol, plátano, cítricos, cacao, maíz, aguacate, entre otros. Además, aproximadamente el 20% de la población nacional se beneficia de la oferta ambiental de los recursos de esta cuenca, por lo cual, la convierte en una zona muy importante para Colombia<sup>6</sup>.

Tabla 1. Listado de municipios de la Cuenca Alta del río Cauca.

| No. | Departamento    | Municipio       | Área   | Población | No. | Departamento    | Municipio             | Área    | Población |
|-----|-----------------|-----------------|--------|-----------|-----|-----------------|-----------------------|---------|-----------|
| 1   | VALLE DEL CAUCA | ALCALÁ          | 6.188  | 12.186    | 42  | RISARALDA       | LA VIRGINIA           | 1.215   | 25.900    |
| 2   | VALLE DEL CAUCA | ANDALUCÍA       | 10.526 | 18.132    | 43  | CAUCA           | MIRANDA               | 18.898  | 28.662    |
| 3   | CALDAS          | ANSERMA         | 8.383  | 31.811    | 44  | RISARALDA       | MISTRATÓ              | 8.786   | 16.203    |
| 4   | VALLE DEL CAUCA | ANSERMANUEVO    | 29.380 | 15.668    | 45  | QUINDIO         | MONTENEGRO            | 15.020  | 35.324    |
| 5   | RISARALDA       | APÍA            | 14.415 | 10.707    | 46  | CAUCA           | MORALES               | 50.761  | 29.737    |
| 6   | QUINDIO         | ARMENIA         | 12.060 | 275.641   | 47  | VALLE DEL CAUCA | OBANDO                | 21.388  | 10.970    |
| 7   | RISARALDA       | BALBOA          | 11.764 | 5.009     | 48  | CAUCA           | PADILLA               | 6.977   | 8.763     |
| 8   | CALDAS          | BELALCÁZAR      | 5.515  | 9.690     | 49  | VALLE DEL CAUCA | PALMIRA               | 100.383 | 302.642   |
| 9   | RISARALDA       | BELÉN DE UMBRÍA | 18.163 | 21.450    | 50  | RISARALDA       | PEREIRA               | 30.640  | 409.670   |
| 10  | VALLE DEL CAUCA | BOLÍVAR         | 15.054 | 13.954    | 51  | CAUCA           | PIENDAMÓ              | 18.168  | 33.431    |
| 11  | QUINDIO         | BUENAVISTA      | 3.704  | 2.741     | 52  | QUINDIO         | PIJAO                 | 24.892  | 4.877     |
| 12  | CAUCA           | BUENOS AIRES    | 22.529 | 25.257    | 53  | CAUCA           | POPAYÁN               | 47.973  | 277.270   |
| 13  | VALLE DEL CAUCA | BUGA            | 82.934 | 115.821   | 54  | VALLE DEL CAUCA | PRADERA               | 35.683  | 43.552    |
| 14  | VALLE DEL CAUCA | BUGALAGRANDE    | 41.027 | 22.052    | 55  | CAUCA           | PUERTO TEJADA         | 10.829  | 40.244    |
| 15  | VALLE DEL CAUCA | CAICEDONIA      | 16.745 | 26.357    | 56  | CAUCA           | PURACÉ (Coconuco)     | 49.809  | 14.952    |
| 16  | CAUCA           | CAJIBÍO         | 55.073 | 32.237    | 57  | QUINDIO         | QUIMBAYA              | 13.353  | 29.117    |
| 17  | QUINDIO         | CALARCÁ         | 21.928 | 70.662    | 58  | VALLE DEL CAUCA | RIOFRÍO               | 29.966  | 14.045    |
| 18  | CAUCA           | CALDONO         | 35.671 | 36.139    | 59  | CALDAS          | RIOSUCIO              | 18.636  | 48.329    |
| 19  | VALLE DEL CAUCA | CALI            | 56.956 | 1.822.869 | 60  | CALDAS          | RISARALDA             | 2.330   | 9.840     |
| 20  | CAUCA           | CALOTO          | 26.999 | 25.416    | 61  | VALLE DEL CAUCA | ROLDANILLO            | 17.011  | 31.658    |
| 21  | VALLE DEL CAUCA | CANDELARIA      | 29.271 | 84.661    | 62  | QUINDIO         | SALENTO               | 34.459  | 7.578     |
| 22  | VALLE DEL CAUCA | CARTAGO         | 25.071 | 118.803   | 63  | CALDAS          | SAN JOSÉ              | 4.541   | 4.524     |
| 23  | QUINDIO         | CIRCASIA        | 9.985  | 27.135    | 64  | VALLE DEL CAUCA | SAN PEDRO             | 20.001  | 15.450    |
| 24  | QUINDIO         | CÓRDOBA         | 9.417  | 5.535     | 65  | CAUCA           | SANTANDER DE QUILCHAO | 51.503  | 96.032    |
| 25  | CAUCA           | CORINTO         | 32.546 | 21.975    | 66  | RISARALDA       | SANTUARIO             | 19.142  | 11.787    |
| 26  | VALLE DEL CAUCA | EL AGUILA       | 18.036 | 7.393     | 67  | VALLE DEL CAUCA | SEVILLA               | 55.362  | 36.827    |
| 27  | VALLE DEL CAUCA | EL CERRITO      | 44.094 | 53.983    | 68  | CAUCA           | SILVIA                | 56.191  | 33.508    |
| 28  | CAUCA           | EL TAMBO        | 42.829 | 38.688    | 69  | CAUCA           | SOTARÁ (Paispamba)    | 15.432  | 11.958    |
| 29  | QUINDIO         | FILANDIA        | 9.464  | 11.345    | 70  | CAUCA           | SUÁREZ                | 59.300  | 19.690    |
| 30  | VALLE DEL CAUCA | FLORIDA         | 40.430 | 54.207    | 71  | CAUCA           | TIMBÍO                | 7.841   | 32.217    |
| 31  | QUINDIO         | GÉNOVA          | 29.414 | 7.121     | 72  | CAUCA           | TORIBÍO               | 49.284  | 30.654    |
| 32  | VALLE DEL CAUCA | GINEBRA         | 26.789 | 19.069    | 73  | VALLE DEL CAUCA | TORO                  | 17.428  | 12.091    |
| 33  | VALLE DEL CAUCA | GUACARÍ         | 16.264 | 30.275    | 74  | CAUCA           | TOTORÓ                | 45.531  | 20.870    |
| 34  | CAUCA           | GUACHENÉ        | 9.987  | 18.513    | 75  | VALLE DEL CAUCA | TRUJILLO              | 27.388  | 16.688    |
| 35  | RISARALDA       | GUÁTICA         | 8.195  | 11.532    | 76  | VALLE DEL CAUCA | TULUÁ                 | 90.705  | 187.159   |
| 36  | CAUCA           | JAMBALÓ         | 19.829 | 16.353    | 77  | VALLE DEL CAUCA | ULLOA                 | 4.260   | 4.844     |
| 37  | VALLE DEL CAUCA | JAMUNDÍ         | 61.826 | 131.806   | 78  | VALLE DEL CAUCA | VIJES                 | 4.603   | 10.766    |
| 38  | RISARALDA       | LA CELIA        | 9.461  | 6.178     | 79  | CAUCA           | VILLA RICA            | 8.057   | 18.761    |
| 39  | QUINDIO         | LA TEBAIDA      | 9.085  | 32.564    | 80  | CALDAS          | VITERBO               | 11.250  | 12.432    |
| 40  | VALLE DEL CAUCA | LA UNIÓN        | 11.028 | 29.388    | 81  | VALLE DEL CAUCA | YOTOCO                | 28.963  | 15.325    |
| 41  | VALLE DEL CAUCA | LA VICTORIA     | 25.694 | 11.058    | 82  | VALLE DEL CAUCA | YUMBO                 | 23.229  | 95.040    |
|     |                 |                 |        |           | 83  | VALLE DEL CAUCA | ZARZAL                | 35.047  | 39.343    |

<sup>6</sup> MUÑOZ, Cristian *et al.* Mapeo de cobertura terrestre utilizando aprendizaje máquina. En: *Investigación e Innovación en Ingenierías: Revista de ingeniería* [en línea]. Barranquilla: Universidad Simón Bolívar, noviembre de 2020. vol. 8, nro. 3. p. 85-101. [Consultado: 13 de octubre de 2021]. Disponible en <http://revistas.unisimon.edu.co/index.php/innovacion/article/view/4706/5090>. ISSN: 2344-8652.

Mapa 1. Mapa de localización de los municipios en la Cuenca Alta del río Cauca.



## Objetivo general

- Caracterizar la distribución espacial de determinantes sociales de la salud y la ocurrencia de COVID-19 en los municipios de la Cuenca Alta del río Cauca.

## Objetivos específicos

- Describir la distribución espacial de casos y defunciones por COVID19 en los municipios de la Cuenca Alta del río Cauca.
- Identificar la ocurrencia de conglomerados de casos y defunciones por COVID19 en los municipios de la Cuenca Alta del río Cauca.
- Identificar la distribución espacial de determinantes sociales de la salud en los municipios de la Cuenca Alta del Río Cauca.

## Marco teórico

### Geografía de la Salud

Desde siempre, uno de los mayores problemas que ha vivido la humanidad ha sido la difusión de las enfermedades, pasando por la época de la conquista y las migraciones, en la cual se estima que a partir de la llegada de Cristóbal Colón hasta el año 1620, aproximadamente 100 millones de indígenas murieron a causa de diferentes epidemias. Asimismo, la peste negra azotó a Europa central entre 1691 y 1709. Sin embargo, la primera vez que sería utilizado un mapa como herramienta de análisis espacial para la salud, sería en 1854 en el centro de Londres, con motivo de la epidemia de cólera, la cual dejó 14.600 muertes, 6.2 por mil durante su duración. Fue John Snow quien utilizaría la superposición de mapas, para reflejar la incidencia del brote de cólera (distribución espacial y cantidad de casos) con epicentro en la bomba de agua de Broad Street (ver figura 1), estas observaciones apoyadas en la correspondencia espacial llevarían al retiro de esa bomba de agua y a que la epidemia de cólera disminuyera notablemente<sup>7</sup>.

*Figura 1. Mapa de cólera de John Snow.*



<sup>7</sup> BUZAI, Gustavo. De la Geografía Médica a la Geografía de la Salud. En: Análisis espacial en geografía de la salud: resoluciones con sistemas de información geográfica. Buenos Aires: Lugar Editorial, 2015. p. 242. ISBN: 978950892496-4.

A partir de John Snow y el caso de cólera, el cual se relacionó con la pobreza, se genera un interés por los mapas sociales, los cuales reflejaban la distribución de las clases sociales en las ciudades, de igual manera se analizaban distintos determinantes sociales, estos servían como criterio para distinguir condiciones desfavorables de vida. Sin embargo, la Geografía de la Salud no se debe considerar en aquella que sólo se enfoca en realizar mapas de ocurrencia de enfermedades, sino que, busca mostrar aquellos factores geográficos que provocan la ocurrencia y difusión de las enfermedades. Mientras tanto, con los años, el objetivo seguía siendo determinar las áreas de enfermedad y cartografiar su localización, pero, en la segunda mitad del siglo XX la revolución cuantitativa en Geografía permitió la aplicación de métodos cuantitativos, la búsqueda de modelos y leyes científicas que brindaron pautas de distribución espacial<sup>8</sup>.

Entre estos avances, se adoptó técnicas de recolección y análisis de datos apoyados en factores de riesgo, los cuales no se tomaban como causas directas de las enfermedades, sino como elementos necesarios para que ocurran. Por otra parte, la epidemia del SIDA permitió comprender que existen enfermedades que no pueden ser entendidas como un fenómeno de registro de grupos de riesgo posibles, y de ser delimitados desde un punto de vista social y espacial, por lo que fue necesario utilizar modelos de difusión abiertos, en los cuales se enfatiza la interacción social como medio de propagación de la enfermedad<sup>9</sup>. Cabe resaltar que el COVID-19 es una de esas enfermedades que se debe analizar a través de la interacción social como medio de propagación, sin embargo, los determinantes sociales de la salud inciden en la vulnerabilidad de las personas a contagiarse, esto entendido desde el punto de vista social y espacial.

Por otro lado, la Geografía de la Salud de acuerdo con Kearns y Moon argumentan que se trata de un campo amplio, que refleja los métodos en evolución, los focos empíricos y los enfoques filosóficos de los geógrafos sobre la salud y la medicina. La cual conserva conexiones con la geografía médica de la que surgió, particularmente a través de un interés continuo en asuntos patológicos (por ejemplo, morbilidad y mortalidad) y sitios de atención (por ejemplo, hospitales, otros servicios de atención médica y políticas relacionadas). De acuerdo con Kearns y Collins, consideran tres constructos que son fundamentales para el campo: lugar, salud y bienestar<sup>10</sup>.

Cabe destacar que, “[...] lo que llegó a llamarse "geografía médica" es en realidad un nombre inapropiado. Esto se debe a que muy poco del contenido de la geografía médica es realmente médico, si por "médico" se entiende "la ciencia o práctica del diagnóstico, tratamiento y prevención de enfermedades". Quizás la geografía y algunos geógrafos médicos estén involucrados en la prevención. Sin embargo, hay poco en el campo que aborde el diagnóstico

---

<sup>8</sup> Ibid., p. 27.

<sup>9</sup> Ibid., p. 28.

<sup>10</sup> KEARNS, Robin y COLLINS, Damian. Health Geography. En: A companion to health and medical geography. Reino Unido: Blackwell Publishing Ltd., 2010. p. 610. ISBN: 9781444314762.

y poco que aborde el tratamiento en un sentido directo, aunque la geografía de los servicios de salud analiza temas como el acceso al tratamiento”<sup>11</sup>.

Debido a esto, “[...] lo que llegó a ser etiquetado como "geografía médica" podría haber sido mejor etiquetado como "geografía epidemiológica", "la geografía de la enfermedad", "geografía de la salud pública" o para abarcar todos los enfoques del campo, "la geografía de salud y enfermedad"; o variaciones de esas palabras. Sin embargo, en el momento en que la geografía médica se etiquetó por primera vez como tal, la palabra "epidemiología" aún no se usaba ampliamente y "salud pública" no era un conjunto de disciplinas académicas que se encontraran en las universidades. Como todos los campos, la geografía médica ha experimentado una gran evolución y cambió a medida que los conceptos subyacentes del campo han cambiado y las técnicas y tecnologías han evolucionado que han permitido nuevos enfoques para el análisis de enfermedades”<sup>12</sup>.

Posteriormente, en 1976 durante un Congreso de la Unión Geográfica Internacional, el cual fue realizado en Moscú, se reconoce el cambio de denominación de cierta rama de la Geografía, la Geografía Médica pasaría a llamarse Geografía de la Salud. “[...] Por un lado, la Geografía de las enfermedades (campo tradicional de la Geografía Médica) y por el otro lado la Geografía de los servicios de salud (campo tradicional de la Geografía de los servicios) <sup>13</sup>. Es así como, se tiene una Geografía de la Salud, con un nivel empírico de aplicación, a través de la localización y distribución de las enfermedades, asociación de enfermedades con características socioespaciales de la población, generación de modelos explicativos multicausales en la búsqueda de explicaciones de ocurrencia, y las distribuciones espaciales y productoras de un campo de interacción con la población atendida (accesos a los servicios de salud).

No obstante, “[...] la Geografía de la Salud ha sido una de las líneas temáticas que ha podido tener mayor receptividad al uso de las tecnologías digitales basadas en la cuantificación. Ha incorporado un amplio espectro de posibilidades tanto para el estudio de las distribuciones y asociaciones espaciales entre población y enfermedad, como para el análisis espacial de los servicios de atención”<sup>14</sup>. Y que “[...] aplicada a cuestiones de salud pública permite realizar cartografía de las enfermedades y de evaluación de riesgos, entre otros variados usos. En este

---

<sup>11</sup> MAYER, Jonathan. Medical Geography. En: A companion to health and medical geography. Reino Unido: Blackwell Publishing Ltd., 2010. p. 610. ISBN: 9781444314762.

<sup>12</sup> BUZAI, Op. cit., p. 33.

<sup>13</sup> BUZAI, Op. cit., p. 29.

<sup>14</sup> FUENZALINDA, Manuel; BUZAI, Gustavo; MORENO, Antonio y GARCÍA, Armando. Conceptos fundamentales del análisis espacial que sustentan la investigación científica basada en geotecnologías [en línea]. En: Geografía, Geotecnología y Análisis Espacial: Tendencias, Métodos y Aplicaciones. Santiago de Chile: Editorial Triangulo, 2015. [Consultado el 25 de noviembre de 2021] p.189. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/294573009\\_Geografia\\_Geotecnologia\\_y\\_Analisis\\_Espacial\\_Tendencias\\_metodos\\_y\\_aplicaciones](https://www.researchgate.net/publication/294573009_Geografia_Geotecnologia_y_Analisis_Espacial_Tendencias_metodos_y_aplicaciones). ISBN: 978-956-9539-01-5.

sentido se observa la existencia de una creciente demanda en la incorporación de usos SIG en salud pública en el mundo”<sup>15</sup>.

Al mismo tiempo, “[...] la geografía de la salud ha introducido constructos aliados de bienestar, identidad, y la experiencia del lugar. Dado que son estos constructos los que representan la desviación más significativa de la geografía médica tradicional. Sin embargo, a pesar de un creciente enfoque en el bienestar, la identidad y la experiencia del lugar, se argumenta que el trabajo en geografía de la salud ha mantenido un gran interés en el estudio de las enfermedades y los servicios de atención médica”<sup>16</sup>.

En resumen, se han planteado nuevas geografías de la salud para enfatizar la centralidad del lugar en el estudio de la salud. Otras afirmaciones que se encuentran repetidamente en la literatura incluyen sugerencias de que las nuevas geografías de la salud, podrían tener una perspectiva más crítica; probablemente, sería menos probable que utilizara métodos cuantitativos; estaría interesado en una visión más holística de la salud; se basaría en gran medida en los desarrollos en otras partes de la geografía y otras ciencias (sociales); y, como consecuencia del último punto, presentaría perspectivas más teorizadas, basándose particularmente en la teoría cultural. “[...] Dada la centralidad de los términos salud y lugar tanto en Kearns como en la nueva revista, ahora dedicamos algo de atención a cada uno de estos constructos antes de explorar su conexión a través de un término adicional que está ganando popularidad rápidamente en la geografía de la salud: el bienestar”<sup>17</sup>.

## Distribución espacial

El concepto considera que el conjunto de entidades de un mismo tipo se reparte de una determinada manera sobre el espacio geográfico. Estas pueden ser puntos, líneas o polígonos (áreas) con diferentes atributos asociados en sistema vectorial, o localizaciones que pueden representar zonas en sistema ráster. Las distintas características medidas en entidades de naturaleza espacial difícilmente se distribuyan de forma homogénea, por lo tanto, es común que las distribuciones que presentan concentraciones varíen de un sector a otro por lo cual la distribución espacial podría ser considerada como la frecuencia con la que estos hechos aparecen en el espacio geográfico. La distribución espacial es un concepto central de la Geografía dando la posibilidad de analizar una inicial diferenciación areal con base a cada variable individual del área de estudio<sup>18</sup>. Algunos ejemplos de tipos de distribución espacial

---

<sup>15</sup> BUZAI, Op. cit., p.30.

<sup>16</sup> KEARNS, Robin y COLLINS, Damian, Op. Cit., p.16.

<sup>17</sup> KEARNS, Robin y COLLINS, Damian, Op. Cit., p.16.

<sup>18</sup> BUZAI, Gustavo; BAXENDALE, Claudia. Análisis espacial con sistemas de información geográfica. Aportes de la geografía para la elaboración del diagnóstico en el ordenamiento territorial [en línea]. Actas I Congreso Internacional sobre Ordenamiento Territorial y Tecnologías de la Información Geográfica. Alcalá, España. 2010. [Consultado el 16 de octubre de 2021] p.8. Disponible en: <https://bit.ly/363OZqR> ISBN 978-84-8138-920-3.

son los dispersos, aleatorios y agrupados, este último recibe también el nombre de agregados, conglomerado o clúster.

## Análisis espacial

El análisis espacial puede entenderse como “[...] un conjunto de técnicas cuyos insumos corresponden a la localización espacial o geográfica de los objetos o eventos que se analizan, lo que requiere información tanto de la ubicación como de los atributos de los objetos. Estos análisis permiten que las dependencias espaciales entre los datos puedan ser evaluadas y se comprenda la naturaleza de estas relaciones espaciales. Los objetivos del análisis en salud son la descripción de patrones espaciales, la identificación de grupos de enfermedades y la descripción, explicación o predicción del riesgo de enfermedad”<sup>19</sup>. De igual manera, “[...] el análisis espacial se puede entender como “una capacidad general para manipular datos espaciales en diferentes formas y extraer un significado adicional como resultado”. Específicamente, el análisis espacial comprende un conjunto de técnicas que “requieren acceso tanto a las ubicaciones como a los atributos del objeto”<sup>20</sup>.

En este sentido, el objetivo del análisis espacial es descubrir las estructuras espaciales de la información y modelar fenómenos geográficos. En el ámbito epidemiológico, el análisis espacial procesa eventos o entidades georreferenciadas para crear nueva información que pueda representarse en mapas. Los datos utilizados para ello pueden ser puntuales o agrupados, dependiendo de la unidad de análisis estudiada. Cuando la unidad de análisis es el individuo los datos se denominan puntuales, representando en el mapa los puntos con la ubicación geográfica exacta en la que se ha producido el evento de interés, ya sea enfermedad, defunción o cualquier otro suceso.

Además, describir adecuadamente un patrón espacial de un evento puede proporcionar elementos para elaborar hipótesis de sus causas. La descripción del lugar donde las personas viven puede ser importante para identificar patrones de una enfermedad; sin embargo, las exposiciones de los individuos se presentan no sólo en el lugar donde viven, sino también en donde trabajan, juegan o pasan tiempo. Por esta razón, el análisis espacial es útil no solamente para identificar patrones de enfermedades, sino también para analizar la distribución espacial de estructuras sociales, patrones ocupacionales y exposiciones ambientales de una población.

---

<sup>19</sup> VALBUENA, Ana y RODRIGUEZ, Laura. Análisis espacial en epidemiología: revisión de métodos. En: *Revista de la Universidad Industrial de Santander* [en línea]. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, octubre-diciembre de 2018. vol. 50, nro. 4. p. 358-365. [Consultado el 14 de noviembre de 2021]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/suis/v50n4/0121-0807-suis-50-04-358.pdf>. doi: <http://dx.doi.org/10.18273/revsal.v50n4-2018009>

<sup>20</sup> CROMLEY, Ellen y MCLAFFERTY, Sara. *Gis and public health*. Estados Unidos: The Guilford Press. 2002. 340 p. ISBN: 1-57230-707-2.

Por otra parte, dentro del análisis espacial también se realizan procesos de interpolación, “[...] la interpolación espacial es el proceso de utilizar puntos con valores conocidos para estimar valores desconocidos en otros puntos”<sup>21</sup>. Dentro de estos métodos se encuentra el de Distancia Inversa Ponderada (IDW), en este tipo de interpolación “[...] se determina los valores de celda a través de una combinación ponderada linealmente de un conjunto de datos de puntos de muestra. Esto significa que los puntos de muestreo se ponderan de tal manera que la influencia de un punto frente a otro disminuye con la distancia”<sup>22</sup>.

Por último, vale la pena mencionar que hoy en día, los SIG y el análisis espacial de datos entran en contacto permanente, es una relación simbiótica, la cual se da a través de la matriz de datos espaciales. Esta conceptualmente, está formada por filas y columnas, referidas las filas a casos y las columnas a atributos medidos para cada uno de los casos. Las últimas columnas proporcionan la referencia espacial. Al nivel más sencillo, pueden existir dos columnas finales que contengan pares de coordenadas: latitud y longitud<sup>23</sup>. Pero, al nivel más detallado pueden anexarse más variables para realizar análisis multivariados o la construcción de índices o modelos. No se debe olvidar que cada día más herramientas permiten realizar análisis más completos y complejos que antes era imposible realizar a papel y mano.

## COVID-19

El 31 de diciembre de 2019, la Organización Mundial de la Salud (OMS) fue informada de un grupo de casos de neumonía en la ciudad de Wuhan, provincia de Hubei en China. Desde entonces, estos casos se han relacionado con una enfermedad causada por una cepa de coronavirus no identificada previamente, denominada Enfermedad de Coronavirus 2019 o COVID-19<sup>24</sup>. Según la OMS, indica que es una enfermedad infecciosa causada por el coronavirus que se ha descubierto más recientemente la cual está asociada a una enfermedad respiratoria de leve a moderada, las personas en la mayoría de los casos se recuperarán sin requerir un tratamiento especial. Sin embargo, algunas personas enfermarán gravemente y requerirán atención médica. Las personas mayores y las que padecen enfermedades subyacentes, como enfermedades cardiovasculares, diabetes, enfermedades respiratorias

---

<sup>21</sup> DOCUMENTACIÓN DE QGIS 2.14 [sitio web]. Análisis espacial (interpolación). Estados Unidos. [Consultado el 8 de diciembre de 2021]. Disponible en: [https://docs.qgis.org/2.14/es/docs/gentle\\_gis\\_introduction/spatial\\_analysis\\_interpolation.html](https://docs.qgis.org/2.14/es/docs/gentle_gis_introduction/spatial_analysis_interpolation.html)

<sup>22</sup> GEOINNOVA – Consultoría y formación geoespacial y ambiental [sitio web]. Interpolación mediante distancia inversa (IDW) en QGIS. Pamplona (España). [Consultado el 8 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://geoinnova.org/blog-territorio/interpolacion-mediante-distancia-inversa-idw-en-qgis/>

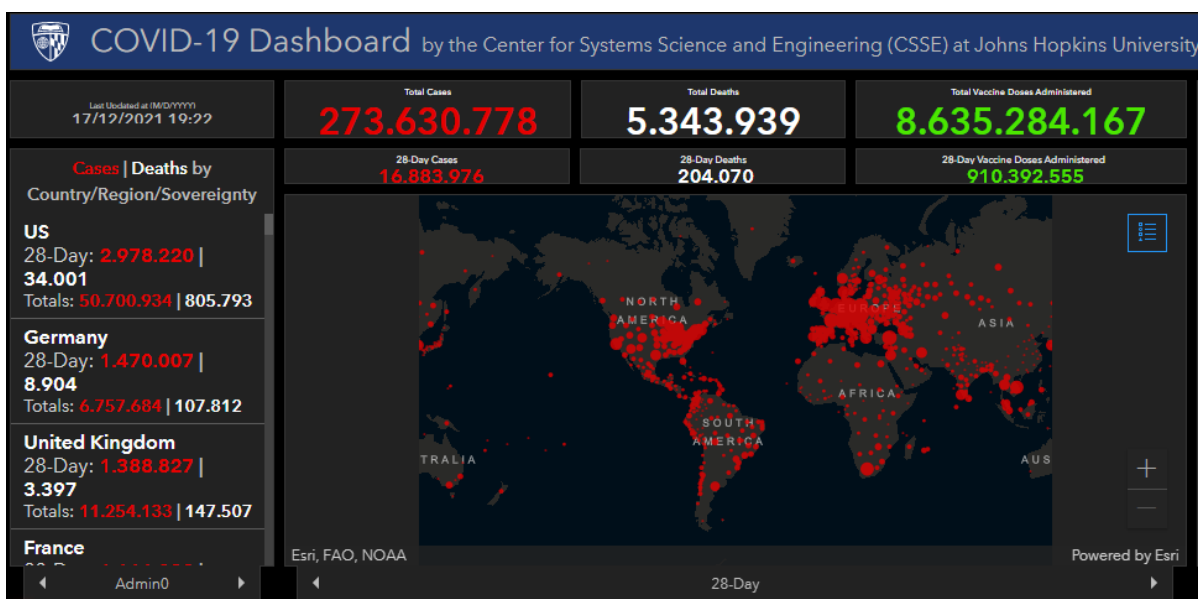
<sup>23</sup> GOODCHILD, Michael y HAINING, Robert. SIG y análisis espacial de datos: perspectivas convergentes. En: *Revista Investigaciones Regionales*. [en línea]. Madrid, España: Asociación Española de Ciencia Regional, 2005. p. 175-201. [Consultado el 14 de noviembre de 2021]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/289/28900609.pdf> ISSN: 1695-7253.

<sup>24</sup> ANTON, Jensen. Overview of U.S. domestic response to coronavirus disease 2019 (covid-19). En: COVID-19: Overview, Economic Implications and Federal Response [en línea]. SNOVA, New York. 2021. [Consultado el 25 de octubre de 2021] p. 275. Disponible en: <https://search-ebscohost-com.bd.univalle.edu.co/login.aspx?direct=true&db=nlebk&AN=2420363&lang=es&site=ehost-live>

crónicas o cáncer, tienen más probabilidades de desarrollar una enfermedad grave. Cualquier persona, de cualquier edad, puede contraer COVID-19 y enfermar gravemente o morir<sup>25</sup>.

Esta enfermedad logró propagarse alrededor del mundo, pero, el 30 de enero de 2020 el director general de la OMS junto al Comité de Emergencias declaró el brote de COVID-19 como una ESPII<sup>26</sup>, teniendo hasta esa fecha 7818 casos confirmados en todo el mundo, la mayoría en China y 82 en otros países<sup>27</sup>. Actualmente, de acuerdo con el recuento de la Universidad de John Hopkins se estima que este ha infectado a más de 270 millones de personas en todo el planeta<sup>28</sup>. Esta enfermedad se propaga comúnmente, mediante el contacto cercano y en ambientes cerrados y sin ventilación, en menor frecuencia a través del contacto con algunas superficies que pueden encontrarse contaminadas. Sin embargo, actualmente las investigaciones aún buscan entender mejor la propagación del virus y en qué ambientes existe un mayor riesgo. Cabe resaltar que este virus obligo a una cuarentena obligatoria que afectó a muchos países de todo el mundo en distintas dimensiones sociales y políticas.

Figura 2. Dashboard de casos de COVID-19, perteneciente a la Universidad Johns Hopkins, consultado el 10 de diciembre de 2021.



<sup>25</sup> ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. Coronavirus. Sinopsis. [sitio web]. Ginebra, Suiza. [Consultado: 27 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://www.who.int/es/health-topics/coronavirus>

<sup>26</sup> Una ESPII se define en el Reglamento Sanitario Internacional - RSI (2005) como “un evento extraordinario que se ha determinado que constituye un riesgo para la salud pública de otros Estados a causa de la propagación internacional de una enfermedad, y podría exigir una respuesta internacional coordinada”

<sup>27</sup> ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. Covid-19: Cronología de la actuación de la OMS. [sitio web]. Ginebra, Suiza. [Consultado: 30 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news/item/27-04-2020-who-timeline---covid-19>

<sup>28</sup> RADIO TELEVISIÓN ESPAÑOLA. Mapa del coronavirus en el mundo: casos, muertes y los últimos datos de su evolución. [sitio web]. España. [Consultado: 14 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://www.rtve.es/noticias/20211214/mapa-mundial-del-coronavirus/1998143.shtml>

En este contexto de pandemia, la Geografía ha tenido un campo de acción muy importante y constante, y es a raíz de este escenario que la disciplina adquiere un mayor interés por parte del público en general, que ven con ojos incrédulos a lo que ellos consideran una Geografía de memorizar ríos, capitales y montañas, en papeles tan decisivos como las acciones preventivas de cuarentena, índices de vulnerabilidad, identificación de zonas y focos de contagio, modelos de dispersión, además, gracias a los Sistemas de Información Geográfica se actualizan a diario tableros, como el de la Universidad Johns Hopkins que actualmente refleja los más de 270 millones de casos alrededor del mundo (ver figura 2) al igual que informes, noticias, artículos académicos y reportes, entre muchas otras. Entonces, resulta conveniente enaltecer que la Geografía y el mapa termina siendo una vez más, centro de atención y herramienta para las múltiples decisiones que tienen los gobernantes en sus territorios.

## Metodología

La estructura metodológica bajo el cual se desarrollará este trabajo está comprendida en las siguientes fases: Primero, una obtención de datos de fuentes secundarias a partir del Instituto Nacional de Salud – INS y del REDATAM<sup>29</sup> del Departamento Nacional de Estadística – DANE, segundo, se realizará la construcción de bases de datos a partir de los datos recogidos del INS y el DANE, tercero, el cálculo de las tasas de mortalidad y número de casos en los municipios de la Cuenca Alta del río Cauca, cuarto, se realizará un análisis de difusión espacial en el tiempo a través de QGIS, quinto, la caracterización espacial de los diferentes determinantes sociales de la salud y por último, un análisis exploratorio de datos espaciales de las tasas de mortalidad y número de casos.

## Obtención de datos

Todos los datos obtenidos son de fuentes secundarias, por una parte, provienen del registro de casos históricos de COVID-19 de la página del INS del período del 6 de marzo de 2020 al 26 de junio de 2021; momento hasta el cual no había sido aplicada ninguna vacuna en el territorio nacional. A partir de esta fuente se logró identificar el número de casos de contagio y defunciones por este nuevo coronavirus en Colombia, información que fue filtrada primero por departamentos y luego en los diferentes municipios que hacen parte de la CARC. Por otra parte, los datos provienen del REDATAM del DANE, el cual posee datos del Censo

---

<sup>29</sup> REDATAM es un sistema computacional amigable e interactivo que facilita el procesamiento, análisis y diseminación web de la información de censos, encuestas, registros administrativos, indicadores nacionales/regionales y otras fuentes de datos.

Nacional de Población y Vivienda del año 2018, de este sistema se obtuvo diferentes variables para la caracterización de determinantes sociales de la salud.

## Bases de datos

La organización de las bases de datos se realizó por medio de atributos numéricos asignados a cada una de las unidades espaciales que integran el área de estudio, después, se realizó en una matriz de datos estructurada en filas (unidades espaciales) y columnas (atributos). Esta forma de abordaje de la matriz de datos permite obtener dos perspectivas principales. El sentido de las filas permite analizar de qué manera diferentes variables se combinan en una única unidad espacial (perspectiva regional) y el sentido de las columnas permite ver la distribución espacial de una variable en la totalidad de unidades (perspectiva sistemática), lo cual a nivel gráfico queda representado a través de un mapa temático. Además, para el apartado de los determinantes sociales de la salud, cada salida gráfica, se presenta en forma de fichas, las cuales permiten observar el mapa temático, el nombre de la variable, la definición, la fuente, por qué es importante para el COVID-19 y la descripción espacial.

## Proceso de difusión

Teniendo como apoyo la construcción de las bases de datos, se tomará en cuenta desde el inicio de reporte de casos de COVID-19 en marzo de 2020 hasta el 26 de junio de 2021, de todos estos casos, sólo se abordarán los diez primeros casos de cada uno de los 83 municipios de la CARC, con el fin de realizar un análisis espacial con un método de interpolación de Distancia Inversa Ponderada (IDW), para lograr identificar un proceso de difusión de tiempo en el área de estudio. Este se lleva a cabo mediante el promedio de las fechas de reportes de inicio de síntomas de los diez primeros casos de cada municipio. Estos datos de reportes de inicio de síntomas se encuentran en un formato de fecha determinado por Microsoft Excel, el cual deberá pasarse a un formato de número, Excel “[...] almacena las fechas como números de serie secuenciales para que se puedan usar en cálculos. De manera predeterminada, la fecha 1 de enero de 1900 es el número de serie 1, mientras que la fecha 1 de enero de 2008 es el número de serie 39448, porque es 39.447 días posterior al 1 de enero de 1900”<sup>30</sup>. Es decir, una fecha como el 10 de marzo de 2021 convertida a formato número es 44.256. Posteriormente, estos datos en formato número son utilizados en QGIS en el proceso de IDW, este proceso arrojará como resultado una capa ráster en formato “.tiff”, la cual se cortará en un geo proceso con la forma del área de estudio y se establecerá una paleta de colores adecuada en simbología con el fin de obtener el proceso de difusión en la CARC.

---

<sup>30</sup> MICROSOFT [sitio web]. Estados Unidos. Función VALFECHA. [Consultado el 11 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://support.microsoft.com/es-es/office/funci%C3%B3n-valfecha-df8b07d4-7761-4a93-bc33-b7471bbff252>

## Tasas de casos y mortalidad por COVID-19

A partir de la base de datos de casos reportados de COVID-19 en la Cuenca Alta del río Cauca, se propone identificar tendencias espaciales en el área de estudio, ¿existe algún patrón espacial en la distribución de casos de COVID-19? ¿existe algún tipo de asociación espacial? ¿cómo se distribuyen los casos espacialmente? Por medio del AEDE que es un método de estadística descriptiva espacial, es posible describir y visualizar la distribución de los reportes de casos y defunciones por COVID-19. De esta manera, se pueden identificar localizaciones atípicas, esquemas de asociación y estructuras espaciales de dicha distribución.

La determinación de las tasas de casos y mortalidad se realiza en la base de datos con el fin de medir la proporción de casos y fallecimientos de COVID-19 con respecto al total de la población en los municipios de la CARC. Estas se definen como el número de casos y defunciones, dividido por la población total y se multiplica generalmente por un número constate múltiplo de 10. Una tasa alta de mortalidad se puede interpretar como la cantidad de muertes, con respecto al número total de individuos en una población.

Por lo tanto, se pretende calcular las tasas de casos reportados y fallecidos por COVID-19 de cada uno de los 83 municipios de la CARC desde el inicio de reporte de casos en 2020 hasta el 26 de junio de 2021, antes de la aplicación de la vacuna. Estos servirán para realizar los análisis del AEDE, es decir, los análisis de tendencia espacial, asociación y correlación espaciales.

## Determinantes sociales de la salud

De acuerdo con la OMS, los determinantes sociales de la salud son "[...] las circunstancias en que las personas nacen crecen, trabajan, viven y envejecen, incluido el conjunto más amplio de fuerzas y sistemas que influyen sobre las condiciones de la vida cotidiana". Estas fuerzas y sistemas incluyen políticas y sistemas económicos, programas de desarrollo, normas y políticas sociales y sistemas políticos<sup>31</sup>. En otras palabras, estos pueden ser entendidos como los ingresos mensuales, el empleo, los servicios públicos, el medio ambiente, la educación, la equidad de género, entre muchas otras más.

Phillip Lamy recopila otras definiciones, y recuerda que "[...] por determinantes sociales de la salud se entienden los determinantes estructurales, las causas de las causas y las

---

<sup>31</sup> ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD [sitio web]. Washington. OPS. Determinantes sociales de la salud. [Consultado el 10 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://www.paho.org/es/temas/determinantes-sociales-salud>

condiciones de vida, que son motivo de gran parte de las inequidades en salud entre los países y dentro de cada uno de ellos. Se trata en particular de la distribución del poder, de los ingresos y de los bienes y servicios, así como de las circunstancias que rodean la vida de las personas, tales como su acceso a la atención sanitaria, a la educación, sus condiciones de trabajo y ocio, y el estado de su vivienda y entorno físico, entre otras”<sup>32</sup>. Es decir que, los determinantes sociales pueden ser entendidos como el conjunto de diferentes variables sociales, políticas, económicas, ambientales y culturales, las cuales inciden e influyen en el estado de salud de las personas.

Teniendo en cuenta esta breve aproximación para los determinantes sociales de la salud, se tuvieron en cuenta las bases de datos recopiladas del Censo Nacional de Población y Vivienda del 2018 en el Redatam del DANE, a través de diferentes variables ya establecidas por el Censo. Cabe mencionar, que estas variables son clave para la construcción de indicadores de vulnerabilidad para trabajos posteriores. Se tendrán en cuenta las siguientes 13 variables del Censo: Barreras de acceso a salud, estrato socioeconómico, sin aseguramiento a seguridad social en salud, población con acceso a acueducto, adultos mayores de 60 años, población por etnias, población con acceso a alcantarillado población con acceso a servicio de recolección de basura, población con hacinamiento crítico, población económicamente activa, población con acceso a servicios públicos, población total y población con trabajo informal.

Con cada una de estas variables, se pretende generar una cartografía temática a través de QGIS, para visualizar cada determinante social de la salud en la CARC, las cuales serán incorporadas en una ficha cartográfica con datos sobre el origen y significado de cada variable, así como una descripción y la relación para la ocurrencia de COVID-19 en el área de estudio.

## Análisis exploratorio de datos espaciales

El Análisis Exploratorio de Datos Espaciales (AEDE) constituye un campo muy novedoso e interesante para el análisis económico y de las ciencias sociales, en general. El AEDE “[...] podría definirse como el grupo de herramientas estadístico-gráficas que describen y visualizan las distribuciones espaciales, identificando localizaciones atípicas, descubriendo

---

<sup>32</sup> LAMY, Philippe. El compromiso mundial para actuar sobre los determinantes sociales de la salud [en línea]. En: URBINA, Manuel y GONZÁLEZ, Miguel. La importancia de los determinantes sociales de la salud en las políticas públicas. Cuernavaca, Morelos (México): Instituto Nacional de Salud Pública, 2012. p. 17-19. [Consultado el 15 de diciembre de 2021]. Disponible en: [https://www.insp.mx/resources/images/stories/Produccion/pdf/131209\\_determinantesSociales.pdf](https://www.insp.mx/resources/images/stories/Produccion/pdf/131209_determinantesSociales.pdf)

formas de asociación (autocorrelación espacial) que, a su vez, pueden ser de carácter global o local, y sugiriendo estructuras en el espacio geográfico (heterogeneidad espacial)”<sup>33</sup>.

En este sentido, el análisis del espacio geográfico resulta necesario para determinar los acontecimientos sociales, políticos o incluso culturales que se generan en un espacio específico. El AEDE, en palabras de Anselin, puede definirse como el conjunto de técnicas que describen y visualizan las distribuciones espaciales, identifican localizaciones atípicas o “atípicos espaciales” (“spatial outliers”), descubren esquemas de asociación espacial, agrupamientos (“clústers”) o puntos calientes (“hot spots”) y sugieren estructuras espaciales u otras formas de heterogeneidad espacial. Por tanto, estos métodos tienen un carácter descriptivo (estadístico) más que confirmatorio (econométrico), aunque la detección de estructuras espaciales en las variables geográficas hace posible la formulación de hipótesis previas para la modelización econométrica y, en su caso, posible predicción espacial de nuevos datos<sup>34</sup>.

En este sentido, estas técnicas de modelación espacial de análisis exploratorio de datos suelen estar acompañadas de métodos de visualización gráfica capaces de identificar conexiones, tendencias o sesgos presentes en las bases de datos. Comprendido en lo que dice Buzai, que expresa: cinco conceptos fundamentales del Análisis Espacial: Localización, Distribución Espacial, Asociación Espacial, Interacción Espacial y Evolución Espacial<sup>35</sup>, a partir de los cuales se puede realizar una síntesis concertando componentes que lleven a determinar la estructura espacial específica del área de estudio.

Por lo tanto, el AEDE al ser un método de estadística descriptiva espacial que permite describir y visualizar la distribución de los registros. De tal forma que, en el caso de existir, se puedan identificar localizaciones atípicas, esquemas de asociación y estructuras espaciales de dicha distribución, con este, será posible identificar tres elementos en la variable geográfica de estudio, la tendencia, la asociación y/o dependencia espacial y la concentración o atípicos espaciales.

En la parte correspondiente al análisis de tendencia espacial, cabe mencionar que los datos geográficos por la particularidad de distribuirse en el espacio son multidireccionales y no presentan una direccionalidad lineal como las series de tiempo. Lo anterior implica que la multidireccionalidad debe ser abordada y representada de alguna manera. Para conocer esta tendencia se emplean mapas temáticos, generalmente mapas de cuantiles, donde cada cuantil

---

<sup>33</sup> CHASCO YRIGOYEN, Coro. Métodos Gráficos del Análisis Exploratorio de Datos Espaciales [en línea]. En: Anales de economía aplicada, 2003. [Consultado el 15 de octubre de 2021] Disponible en: <https://www.asepelt.org/ficheros/File/Anales/2003%20-%20Almeria/asepeltPDF/93.PDF>. ISBN 84-607-7655-7.

<sup>34</sup> Ibid., p. 25.

<sup>35</sup> FUENZALINDA, Manuel; BUZAI, Gustavo; MORENO, Antonio y GARCÍA, Armando. Op. cit., p.56.

tiene igual número de observaciones<sup>36</sup>. Que para este caso sería igual número de entidades (municipios). Cuando se emplean 4 cuantiles se obtiene un mapa de cuantiles, donde cada grupo de observaciones equivale al 25% de los municipios de la CARC. De esta manera se podrán observar cuales son los municipios con valores de los casos y de la tasa más bajos, más altos y los intermedios.

Para la parte correspondiente al análisis de concentración espacial, es el resultado de la agrupación de valores extremos en torno a una o varias unidades territoriales próximas. Para detectar la existencia de este comportamiento en una variable geográfica se diseñó el grafico LISA (Local Indicator of Spatial Asociation) de concentración.<sup>37</sup>

Los gráficos LISA “[...] generalmente tiene como base el indicador local de Moran que no se calcula de manera global como en el diagrama de dispersión de Moran en el análisis de asociación espacial. Por el contrario, el I local de Moran se calcula para cada una de las observaciones (áreas). Además, para cada valor del I local de Moran en cada una de las observaciones es posible realizar una inferencia con el objetivo de evaluar la significancia estadística del rechazo de la hipótesis nula (no concentración de valores altos o bajos en torno a una localización específica)”<sup>38</sup>.

Por último, para la parte correspondiente al análisis de asociación espacial, consiste en la coincidencia de valores ya sean altos o bajos en determinados lugares del espacio geográfico. El principal supuesto de la autocorrelación espacial es la no independencia entre las observaciones, dicho de otra manera, el valor que una variable toma en determinada área no solo está determinada por las particularidades internas, sino que también es explicada por el valor que la misma variable toma en las regiones vecinas. La autocorrelación es positiva cuando la presencia de un fenómeno en una determinada área conlleva a la aparición de ese fenómeno en área adyacentes, por el contrario, es negativa cuando impide la aparición en el área vecina. Una de las técnicas más conocidas y empleadas para identificar la autocorrelación espacial es el diagrama de dispersión de Moran, que representa en el eje X los valores de la variable estandarizada y en el eje Y los valores de la variable retardada espacialmente<sup>39</sup>.

Por lo anterior, radica el interés en caracterizar la distribución espacial de los determinantes sociales de la salud, los casos y defunciones por COVID-19 en los municipios de la Cuenca

---

<sup>36</sup>CHASCO YRYGOYEN, Coro. Análisis exploratorio de datos espaciales al servicio del geomarketing [en línea]. En: Seminario sobre Nuevas Tecnologías en la Investigación, el Marketing y la Comunicación e-Participación. (2016). p.21. [Consultado el 13 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://silo.tips/download/analisis-exploratorio-de-datos-espaciales-al-servicio-del-geomarketing-1>

<sup>37</sup> MINISTÉRIO DA SAUDE, FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ. Introdução a estatística espacial para a saúde pública [en línea], Brasília: Ministério da Saude, 2007. p. 120. [Consultado el 15 de diciembre de 2021]. ISBN: 978-85-334-1427-3. Disponible en: [http://www.escoladesaude.pr.gov.br/arquivos/File/TEXTOS\\_CURSO\\_VIGILANCIA/capacitacao\\_e\\_atualizacao\\_em\\_geoprocessamento\\_em\\_saude\\_3.pdf](http://www.escoladesaude.pr.gov.br/arquivos/File/TEXTOS_CURSO_VIGILANCIA/capacitacao_e_atualizacao_em_geoprocessamento_em_saude_3.pdf)

<sup>38</sup> Ibid., p. 72.

<sup>39</sup> CHASCO YRYGOYEN, Coro. Op. cit., p.21.

Alta del río Cauca, esto como un paso intermedio que contribuya a la formulación de hipótesis e interrogantes que sean abordados en investigaciones posteriores.

## I de Moran

El I de Moran es un estadístico global en el sentido de que permite medir la correlación espacial del área total de estudio. Éste utiliza una matriz de pesos espaciales que determina el grado de asociación entre las observaciones basada en los vecinos más cercanos calculados en la distancia radial de las AGE<sup>B</sup><sup>40</sup>. El I de Moran es expresado en notación matricial como:(1).

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

Donde:  $N$  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. El I de Moran se representa a través del diagrama de dispersión de Moran, que consta de cuatro cuadrantes, 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  $+1$ . Un valor cercano a  $1$  o menos  $1$  significa una fuerte correlación positiva o negativa respectivamente. Un coeficiente cercano a  $0$  indica aleatoriedad espacial o independencia, por lo tanto, indica que tiende a tener una distribución aleatoria<sup>41</sup>.

## Quantum GIS

Quantum GIS o 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). El cual funciona en diferentes sistemas operativos como Linux, Unix, Mac OSX, Windows y Android y soporta numerosos formatos y

<sup>40</sup> Unidad censal de México, esta representa las áreas geoestadísticas básicas, son espacios geográficos menores al municipio, de superficie variable, y que constituye la unidad básica del Marco Geoestadístico Nacional Mexicano.

<sup>41</sup> FUENTES, Cesar; 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* [en línea]. Ciudad de México, 2017. vol. 26, nro. 2. p.426. [Consultado el: 17 de octubre de 2021]. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/gpp/v26n2/1405-1079-gpp-26-02-00417.pdf> . E-ISSN 1405-1079.

funcionalidades de datos vector, datos ráster y bases de datos<sup>42</sup>. Mediante QGIS, se generó toda la cartografía temática, resultado de los diferentes análisis del AEDE de las bases de datos de los municipios de la CARC, los mapas de tendencia espacial en cuartiles, la cartografía de difusión espacial en el tiempo, los mapas de autocorrelación y significancia espaciales (LISA); resultado de los análisis realizados en GeoDa, esto fue necesario tanto para la tasa de casos y la tasa de mortalidad, además, mediante este software se realizaron los mapas para los diferentes determinantes sociales de la salud.

## GeoDa

GeoDa es una herramienta de software gratuita y de código abierto que sirve como introducción a la ciencia de datos espaciales. Tiene un objetivo: ayudar a los investigadores y analistas a afrontar el desafío de la relación entre datos y valor. Este desafío implica traducir datos en conocimientos. Está diseñado para facilitar nuevos conocimientos a partir del análisis de datos mediante la exploración y el modelado de patrones espaciales. GeoDa fue desarrollado por el Dr. Luc Anselin y su equipo. El programa proporciona una interfaz gráfica y fácil de usar para métodos de análisis exploratorio de datos espaciales (ESDA), como estadísticas de autocorrelación espacial para datos agregados (varios miles de registros) y análisis de regresión espacial básico para datos de puntos y polígono (decenas de miles de registros)<sup>43</sup>.

Para traducir los datos en conocimientos, se necesitan herramientas que vayan más allá del mapeo de lo esperado y descubran lo inesperado. GeoDa ayuda en este proceso de varias maneras: agregando pruebas estadísticas espaciales a la visualización simple de mapas, vinculando vistas de datos de distribuciones espaciales y no espaciales y permitiendo la exploración en tiempo real de patrones espaciales y estadísticos. Las pruebas estadísticas espaciales distinguen los patrones que simplemente parecen agrupaciones espaciales de aquellos que son agrupaciones espaciales con cierto grado de certeza, en comparación con patrones espacialmente aleatorios<sup>44</sup>.

“[...] Dado que somos propensos a la "patronicidad" o la sobre detección de patrones, las pruebas estadísticas ayudan a diferenciar los grupos que son reales de los que no lo son. Ejemplos de estas pruebas estadísticas en GeoDa incluyen los llamados indicadores locales de asociación espacial (LISA) que localizan puntos calientes y fríos estadísticamente

---

<sup>42</sup> QUANTUM GIS, QGIS. Descubre QGIS, QGIS - El SIG Líder de Código Abierto para Escritorio [sitio web]. [Consultado el: 14 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://www.qgis.org/es/site/about/index.html>

<sup>43</sup> THE CENTER FOR SPATIAL DATA SCIENCE. GeoDa: An introduction to spatial data analysis [sitio web]. Chicago, 2021. [Consultado el: 18 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://spatial.uchicago.edu/geoda>

<sup>44</sup> *Ibíd.*, p. 1.

significativos en un mapa”<sup>45</sup>. Por esta razón, se pretende utilizar GeoDa con el fin de realizar los análisis de conglomerados, significancia y el I de Moran local, como parte del Análisis Exploratorio de Datos Espaciales del área de estudio.

## Resultados

### Proceso de difusión.

Los primeros resultados se dan en torno al proceso de difusión de casos en el área de estudio. Tal como se mencionó en la metodología, se abordaron los diez primeros casos de cada uno de los 83 municipios de la CARC, con el objetivo de realizar un análisis espacial con el método de interpolación de Distancia Inversa Ponderada (IDW), para lograr identificar un proceso de difusión de tiempo en el área de estudio.

El resultado se muestra a continuación en una salida cartográfica (ver mapa 2), comprendida como la difusión espacial de COVID-19 en la CARC, en la cual, se aprecia que las primeras fechas de contagio en el área de estudio se dan en torno desde el 26 de abril de 2020 en adelante, las cuales se pueden identificar con un color marrón y que además, permite identificar diferentes zonas marcadas por regiones, tal como es el caso de la franja central del Valle del Cauca, específicamente en la zona metropolitana de Santiago de Cali con Yumbó y Jamundí, al igual que en Palmira, Buga y Tuluá, por otra parte, en el departamento de Cauca se observa en el municipio de Caloto y Popayán, asimismo en el norte del Valle con Cartago y la zona del Antiguo Caldas, en Pereira y Armenia. Estas fueron las primeras zonas en presentar contagios por COVID-19 en la CARC. El proceso de difusión se puede observar en como los tonos marrones más fuertes se tornan a tonos más claros, este refleja el proceso de difusión espacial en el tiempo, que va desde el 26 de abril hasta el 01 de junio de 2020.

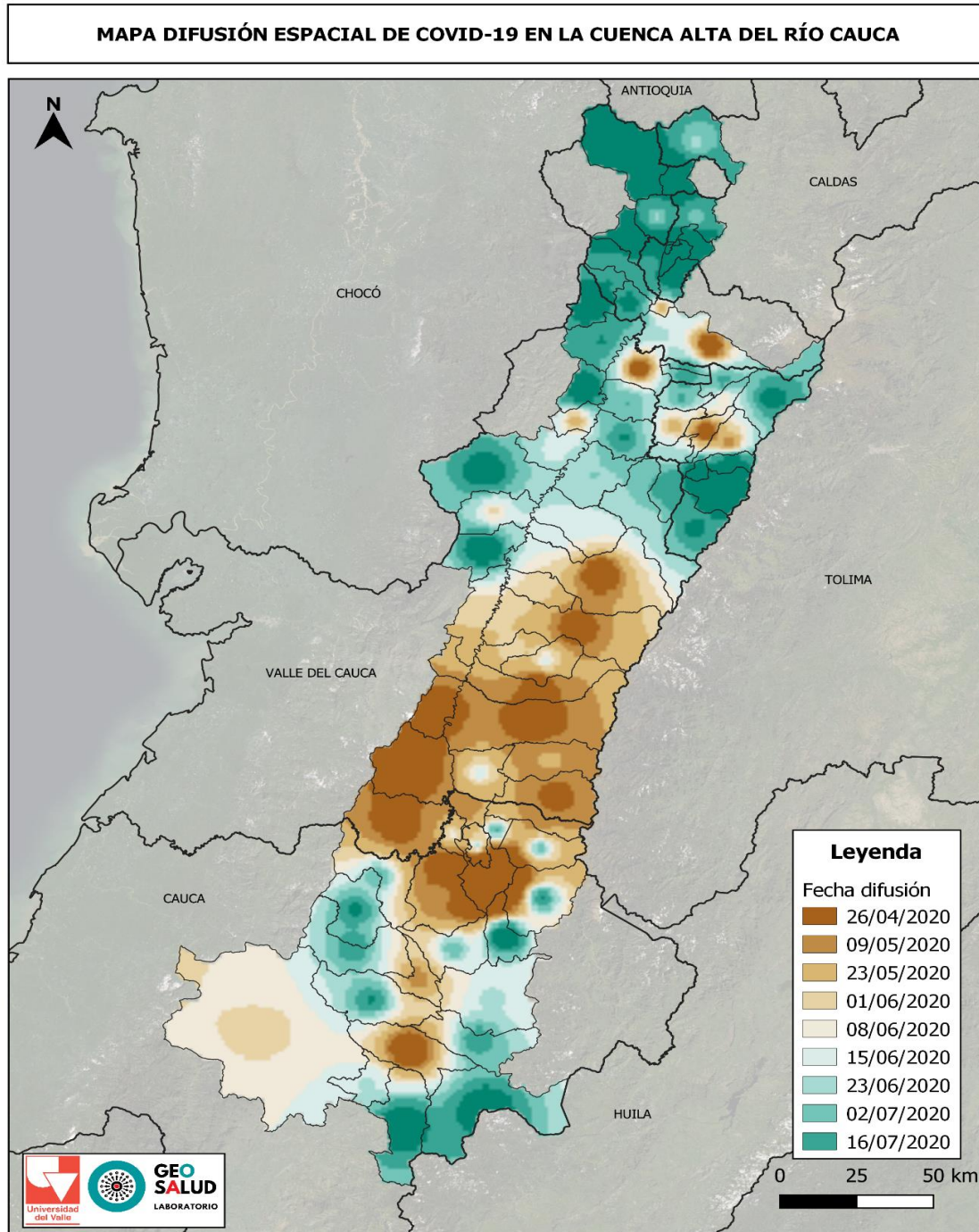
Por otra parte, en color verde desde tonos más claros a oscuros, son las fechas de contagio que se dan en torno desde el 15 de junio al 16 de julio de 2020. En las cuales se identifican zonas en el norte de la CARC, en el departamento de Risaralda y Caldas. Al igual que en el sur de la misma en el departamento de Cauca, esto indica que estas zonas tardaron alrededor de 3 a 4 meses en presentar contagios por este nuevo coronavirus a diferencia de la zona metropolitana de Santiago de Cali y que, en tonalidades más claras a oscuras fueron presentándose diferentes casos hasta llegar a las zonas más distantes del área de estudio, como lo indica el mapa, se puede observar que los últimos municipios se encuentran tanto en

---

<sup>45</sup> Ibid., p. 1.

el norte como en el sur de la CARC, en municipios como Puracé en el sur, Mistrató y Riosucio en el norte o Pijao en la zona nororiental de la cuenca en el departamento de Quindío.

*Mapa 2. Difusión espacial de COVID-19 en la Cuenca Alta del río Cauca.*



## Tasa de Mortalidad

Para realizar este análisis se construyeron unas tasas, las cuales se definen como el número de casos y defunciones, dividido por la población total y se multiplica generalmente por un número constante múltiplo de 10. Por lo tanto, se calcularon las tasas de casos reportados y fallecidos por COVID-19 de cada uno de los 83 municipios de la CARC desde el inicio de reporte de casos en 2020 hasta el 26 de junio de 2021, antes de la aplicación de la vacuna.

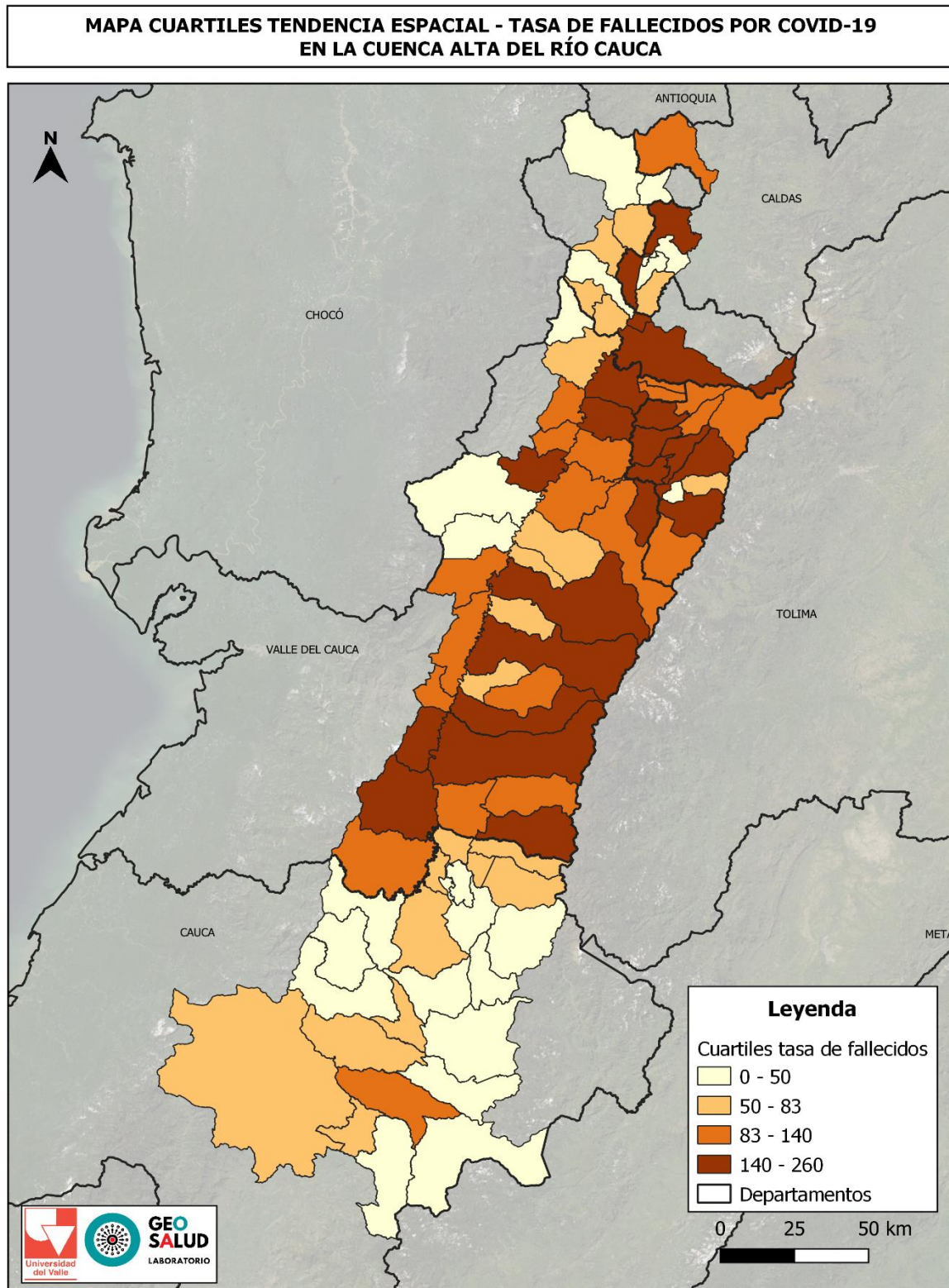
Mediante el AEDE, se realizó un análisis tendencia espacial a través del programa de GeoDa, el cual permitió identificar cómo se distribuye la tasa de mortalidad en los municipios de la CARC e identificó los clústers, la cuantificación de dichos clústeres se realizó a través de los Indicadores Locales de Asociación Espacial (LISA, por sus siglas en inglés). Con ello fue posible identificar zonas del área de estudio donde se agrupan los altos niveles de la tasa de mortalidad, es decir, defunciones por COVID-19.

En el mapa 4, se observa una fuerte heterogeneidad en la franja central del departamento del Valle del Cauca, en los municipios de Tuluá, Buga, El Cerrito, Palmira y la zona metropolitana de Santiago de Cali con Yumbo y Jamundí. Al igual que en la zona del antiguo Caldas en el nororiente limítrofe de la CARC, en todos los anteriores mencionados se agrupan de altos a muy altos niveles de mortalidad en color naranja y marrón oscuro respectivamente.

Por otra parte, se observa un grupo con valores bajos a medios en el sur del área de estudio, en el departamento de Cauca, allí logra verse un grupo heterogéneo de municipios con valores bajos de mortalidad, a excepción de Popayán, el cual presenta un valor alto identificado con tono naranja, y los municipios de Cajibío, El Tambo y Timbío que presentan un valor bajo con un tono naranja más tenue.

Por último, se aprecia que, en el área limítrofe de la CARC en el norte, se presenta un grupo de municipios con una distribución aleatoria dado que presenta desde niveles bajos a muy altos de mortalidad.

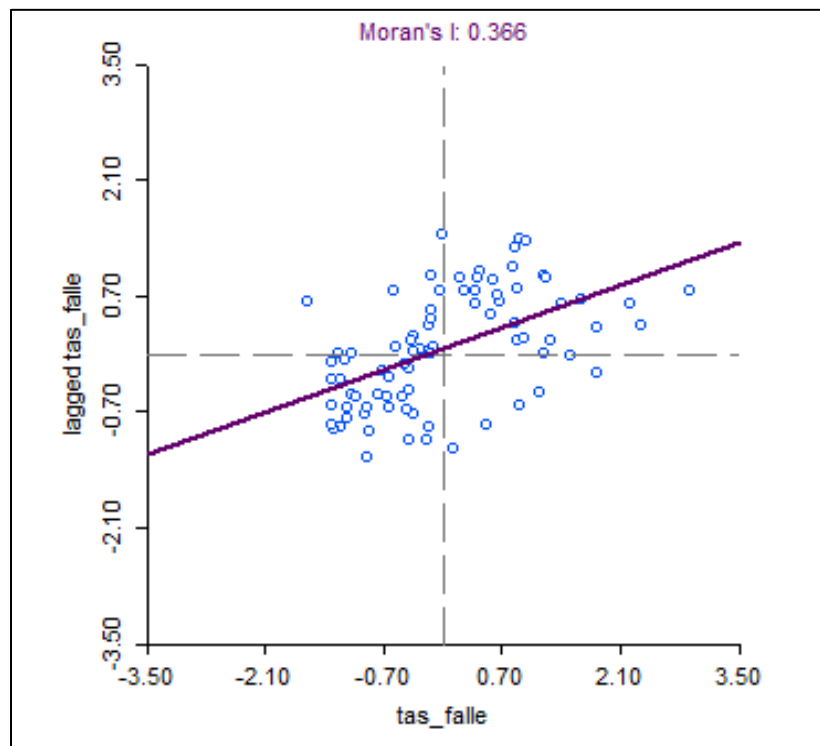
Mapa 3. Tendencia espacial de la tasa de fallecidos por COVID-19 en cuartiles en la Cuenca Alta del río Cauca.



Por otra parte, para el análisis de asociación espacial se utilizó como herramienta estadística los diagramas de I de Moran Local Univariante, a través del programa de GeoDa, estos permiten una manera de cuantificar el grado de aglomeración, la cual mide la tendencia de valores similares a agruparse en el espacio, es decir, hasta qué áreas con altos niveles de mortalidad están cerca de otras áreas de alta mortalidad, mientras que zonas de poca mortalidad están rodeadas también de otras similares.

De acuerdo con la figura 3, la autocorrelación presentada es positiva. Con un valor de asociación del 0.366, recordando que un valor cercano a 1 o menos 1 significa una fuerte correlación positiva o negativa respectivamente. En este caso, se observa que la línea de regresión atraviesa el cuadrante I al cuadrante III indicando que existe una autocorrelación positiva, además, en el cuadrante I se presentan aquellos municipios que, con una tasa de fallecidos con valores altos se encuentran rodeados o tienen vecinos a municipios que también disponen de una tasa de fallecidos con valores altos.

En el cuadrante III se presentan aquellos municipios que, con una tasa de fallecidos con valores bajos se encuentran rodeados de municipios que también cuentan con una tasa de fallecidos con valores bajos. Mientras que en el cuadrante I y IV, están de manera dispersa aquellos municipios que, presentan valores bajos rodeados de municipios que cuentan con valores altos, y municipios que presentan valores altos rodeados de municipios que cuentan con una tasa de mortalidad baja.



*Figura 3. I. de Moran Local Univariante - Tasa de mortalidad.*

Por otro lado, como método de validación del I de Moran, teniendo en cuenta que se debe presentar una hipótesis nula y una hipótesis alternativa, se toman de la siguiente manera:

*Ho: No autocorrelación espacial*

*Ha: Autocorrelación espacial*

*Nivel de significancia: 5%*

*Confianza del: 95%*

*Valor z: 1.96*

Cabe recordar que, para el caso del I de Moran se trata de una prueba de dos colas del tipo  $H_a: \neq$ , pues esperamos que la autocorrelación sea distinta a cero y la  $H_o$  supone que la autocorrelación espacial es *igual* a cero (ver figura 4). Teniendo en cuenta lo anterior, se realiza un estadístico de prueba (ver figura 5), en el que aleatoriamente con 999 permutaciones establece un I de Moran estimado de 0,3660, un simulado de -0,0122 y un valor z de 5,4896 (el cual está representado con una línea verde). Esto quiere decir que, los patrones de asociación espacial de la tasa de fallecidos en la CARC son estadísticamente significativos y tienden a estar agrupados espacialmente, de acuerdo con la evidencia estadística se puede rechazar la  $H_o$  de No autocorrelación espacial en favor de la  $H_a$  que indica una autocorrelación espacial.

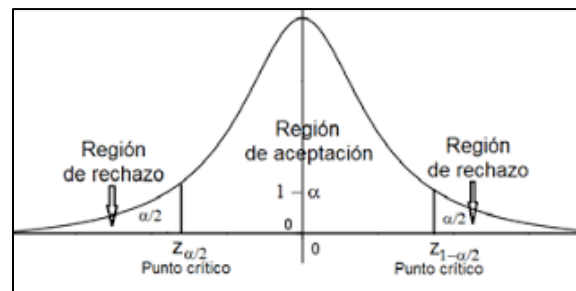


Figura 4. Diagrama de explicación de distribución estándar.

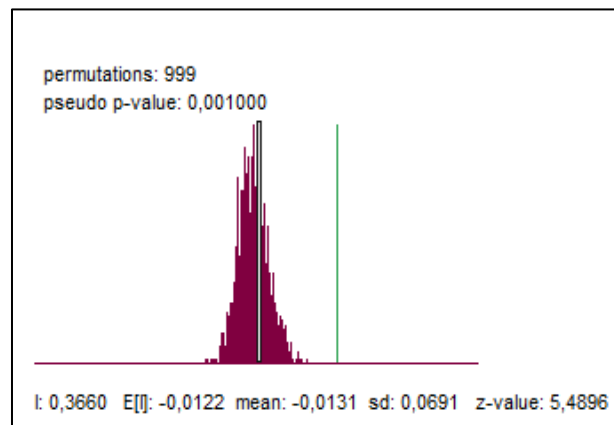


Figura 5. Diagrama de distribución estándar, estadístico de prueba. Tasa de mortalidad.

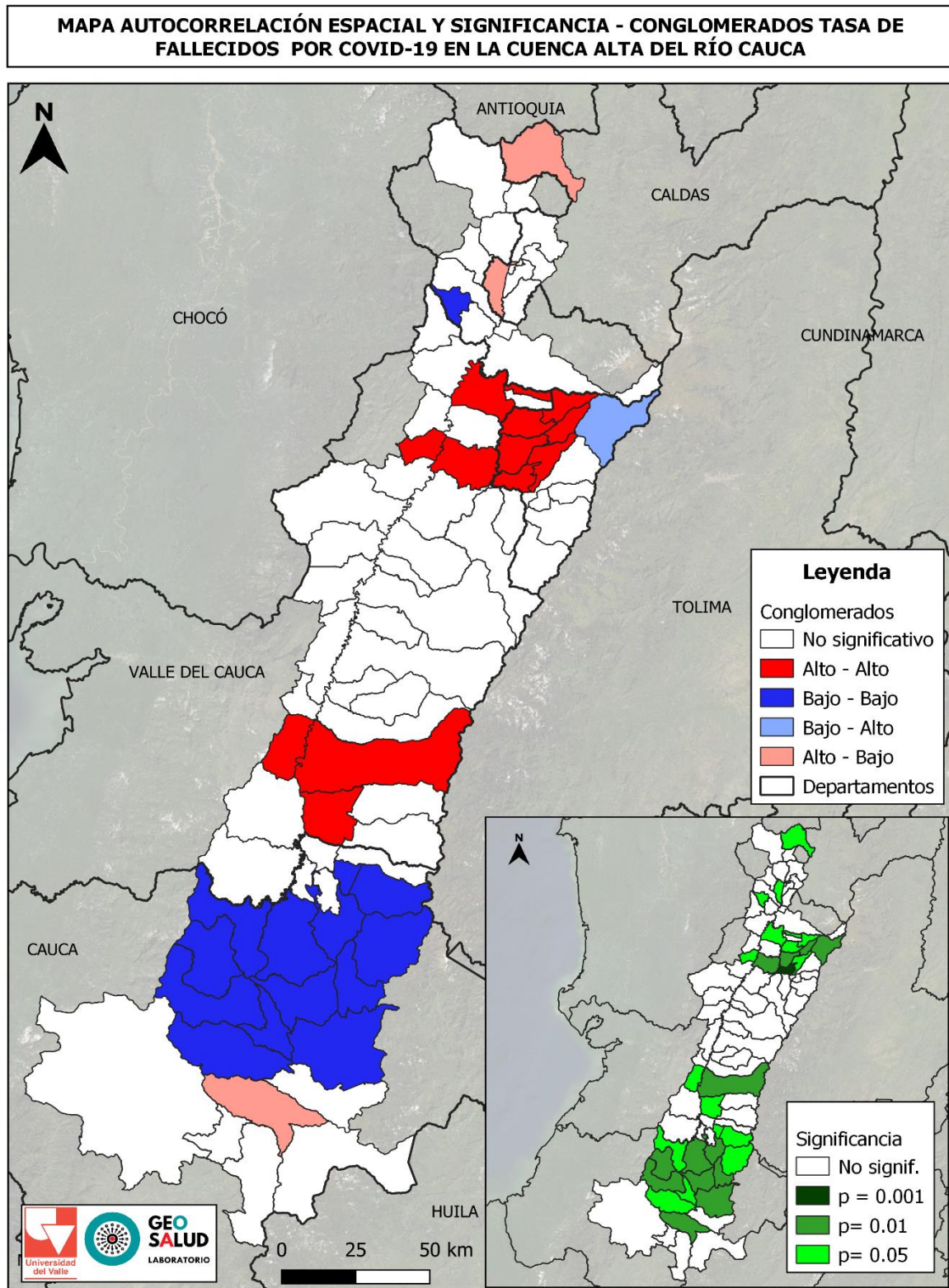
Para este apartado, se realizó el análisis de concentración espacial, el cual también se hizo a través del programa de GeoDa, en el cual se determinó con un mapa de conglomerados, que aumentan las ubicaciones significativas, en función de la ubicación del valor y su retraso espacial en el diagrama de dispersión de Moran.

En el siguiente mapa (mapa 4), se encuentran desarrolladas cuatro categorías que están representadas con rojo oscuro para los grupos altos-altos, que se encuentran principalmente en la franja central del Valle del Cauca, los municipios de Yumbo, Candelaria y Palmira, al igual que en el norte del área de estudio entre el Valle del Cauca y Quindío; azul oscuro para los grupos bajos-bajos, ubicados en el sur de la CARC en el departamento de Cauca; azul claro para los valores atípicos espaciales bajos-altos en el límite de la cuenca en departamento de Quindío, el municipio de Salento y rojo claro para los valores atípicos espaciales altos-bajos, que se distribuyen en el sur de la CARC en Popayán y al norte del área de estudio en el departamento de Risaralda, los municipios de Riosucio y Viterbo.

Por otra parte, en el mapa de significancia, el cual se encuentra en el costado derecho dentro del mapa de conglomerados, muestra únicamente los valores del índice local de Moran más significativos, pero no permite apreciar el signo de dichos coeficientes, es decir que, en colores verdes están los valores que pertenecen a municipios que están auto correlacionados significativamente, mientras que, en color gris indica que estos no están auto correlacionados.

Dentro del mapa 4, en el mapa de LISA, se puede identificar visualmente que los valores p de 0.01 están en un conglomerado en el sur de la CARC y se extiende en el norte de la misma, al igual que tiene presencia en el municipio de Palmira en la franja central del Valle del Cauca, por otro lado, los valores p de 0.05 están dispersos desde el conglomerado en el sur hasta el norte del área de estudio y los valores p de 0.001 tan sólo se encuentra en el conglomerado del norte de la CARC, el cual es el municipio de La Tebaida.

Mapa 4. Autocorrelación espacial de conglomerados y significancia de la tasa de fallecidos por COVID-19 en la Cuenca Alta del río Cauca.



## Tasa de casos.

Para este apartado se construyó una tasa de casos, la cual se define como el número de casos, dividido por la población total y el cual se multiplica generalmente por un número constante múltiplo de 10. Por lo tanto, se calculó la tasa de casos reportados por COVID-19 de cada uno de los 83 municipios de la CARC desde el inicio de reporte de casos en 2020 hasta el 26 de junio de 2021, antes de la aplicación de la vacuna.

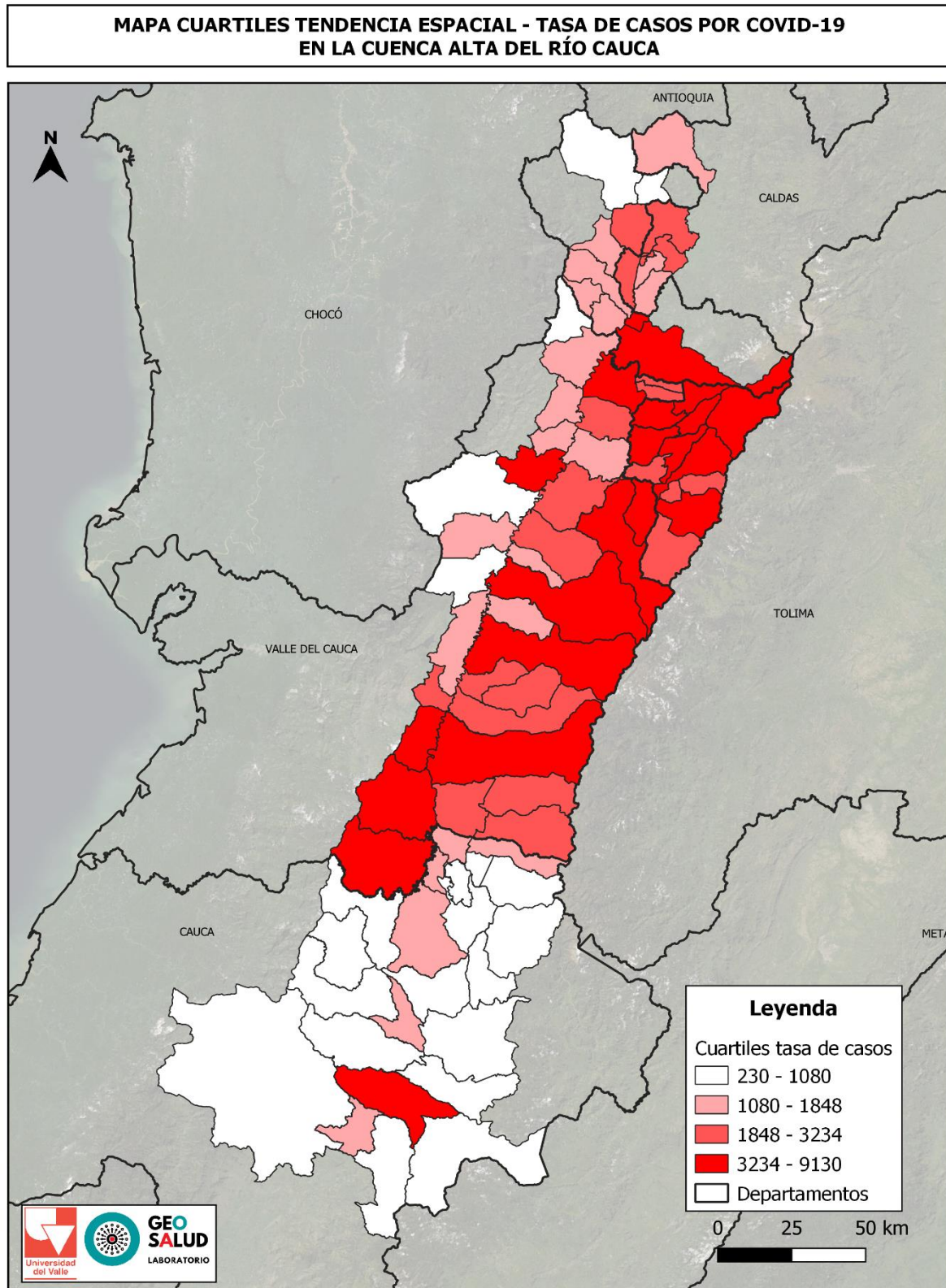
De la misma manera, se utilizó un AEDE, el cual tiene como primer paso un análisis de tendencia espacial a través del programa de GeoDa, en este se identificó cómo se distribuye la tasa de casos en los municipios de la CARC e identificó los clústeres, la cuantificación de dichos clústeres se realizó a través de los Indicadores Locales de Asociación Espacial (LISA, por sus siglas en inglés). Con ello fue posible identificar zonas del área de estudio donde se agrupan los altos niveles de la tasa de casos, es decir, contagios por COVID-19.

En el mapa 5, se observa una fuerte heterogeneidad en la franja central del departamento del Valle del Cauca, que se extiende desde la zona metropolitana de Santiago de Cali con Yumbo y Jamundí hasta el norte de la cuenca. En esta zona norte del antiguo Caldas en el nororiente limítrofe de la CARC, se ve un conglomerado de municipios en el departamento de Quindío, todos estos clústeres se agrupan de altos a muy altos niveles de tasa de casos en tonalidades oscuras de color rojo.

Por otra parte, se observa un grupo con valores bajos en el sur del área de estudio, en el departamento de Cauca, allí logra verse un gran conglomerado de municipios con valores bajos de tasa de casos identificados con color blanco, a excepción de Popayán, el cual presenta un valor alto identificado con color rojo, pero, se identifica visualmente algunos municipios con valores medios identificados con un color rosado al acercarse al límite del departamento del Valle del Cauca.

Por último, se aprecia que, en el área limítrofe de la CARC en el norte, se presenta una serie de municipios identificados con color rosado, lo cual indica que tienen valores medios a altos de tasa de casos, con algunos municipios con valores bajos identificados con color blanco.

Mapa 5. Tendencia espacial de la tasa de casos por COVID-19 en cuartiles en la Cuenca Alta del río Cauca.



Para la tasa de casos, en cuanto al análisis de asociación espacial, se utilizó de igual manera la herramienta estadística I de Moran Local Univariante, a través del programa de GeoDa, el cual permitió una manera de cuantificar el grado de aglomeración, que mide la tendencia de valores similares a agruparse en el espacio, es decir, hasta qué áreas con altos niveles de contagios están cerca de otras áreas de alto contagio, mientras que zonas de poco contagio están rodeadas también de otras similares.

De acuerdo con la figura 6, la autocorrelación presentada es positiva. Con un valor de asociación del 0.301, recordando que un valor cercano a 1 o menos 1 significa una fuerte correlación positiva o negativa respectivamente. En este caso, se observa que la línea de regresión atraviesa el cuadrante I al cuadrante III indicando que existe una autocorrelación positiva, además, en el cuadrante I se presentan de manera dispersa aquellos municipios que, con una tasa de casos con valores altos se encuentran rodeados o tienen vecinos a municipios que también disponen de una tasa de casos con valores altos.

En el cuadrante III se presentan de manera agrupada aquellos municipios que, con una tasa de casos con valores bajos se encuentran rodeados de municipios que también cuentan con una tasa de casos con valores bajos. En el cuadrante I, están agrupados aquellos municipios que, presentan valores bajos rodeados de municipios que cuentan con valores altos, y en el cuadrante IV de manera dispersa y escasa están aquellos municipios que presentan valores altos rodeados de municipios que cuentan con una tasa de casos baja.

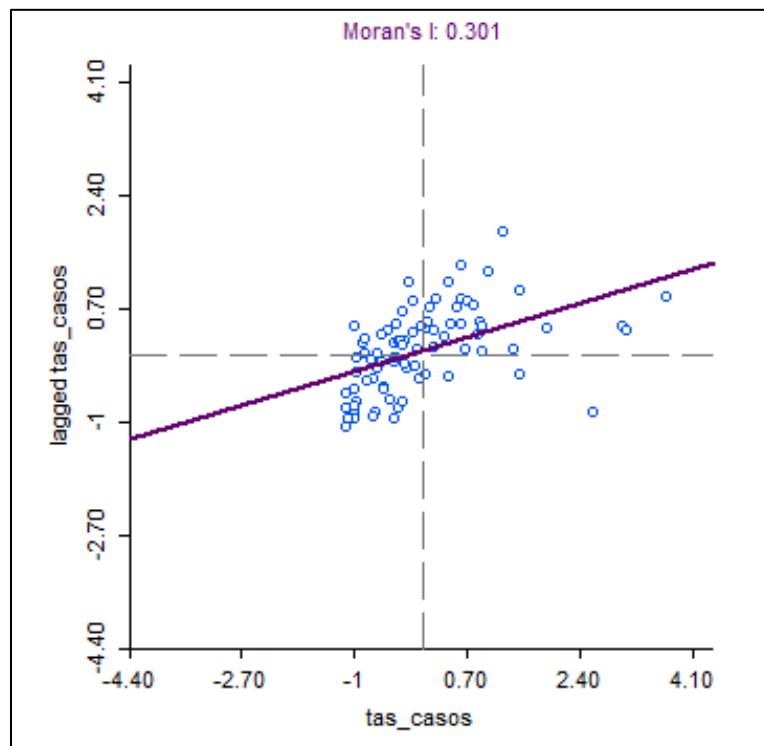


Figura 6. I. de Moran Local Univariante - Tasa de casos.

Por otra parte, como método de validación del I de Moran, teniendo en cuenta que se debe presentar una hipótesis nula y una hipótesis alternativa, se toman de la siguiente manera:

*Ho: No autocorrelación espacial*

*Ha: Autocorrelación espacial*

*Nivel de significancia: 5%*

*Confianza del: 95%*

*Valor z: 1.96*

Cabe recordar que, para el caso del I de Moran se trata de una prueba de dos colas del tipo  $H_a: \neq$ , pues esperamos que la autocorrelación sea distinta a cero y la  $H_o$  supone que la autocorrelación espacial es *igual* a cero (ver figura 7). Teniendo en cuenta lo anterior, se realiza un estadístico de prueba (ver figura 8), en el que aleatoriamente con 999 permutaciones establece un I de Moran estimado de 0,3007, un simulado de -0,0122 y un valor z de 4,4590 (el cual está representado con una línea verde). Esto quiere decir que, los patrones de asociación espacial de la tasa de casos en la CARC son estadísticamente significativos y tienden a estar agrupados espacialmente, de acuerdo con la evidencia estadística se puede rechazar la  $H_o$  de No autocorrelación espacial en favor de la  $H_a$  que indica una autocorrelación espacial.

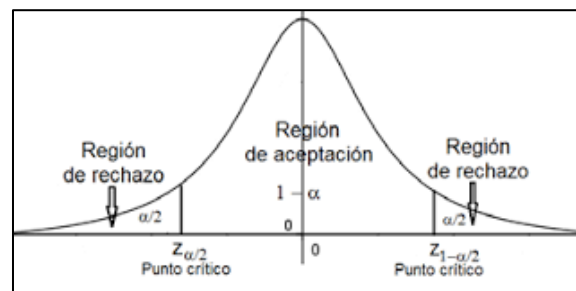


Figura 7. Diagrama de explicación de distribución estándar.

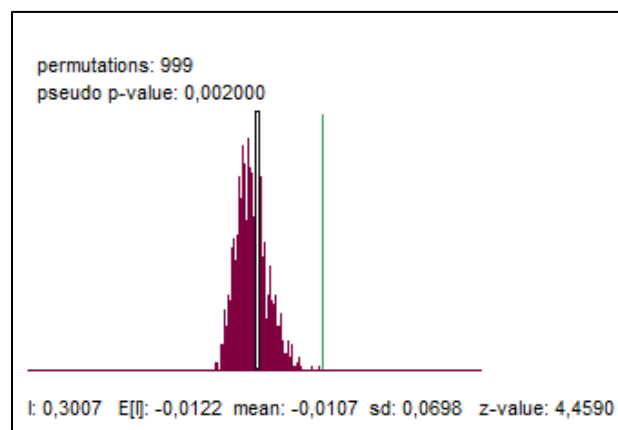


Figura 8. Diagrama de distribución estándar, estadístico de prueba. Tasa de casos.

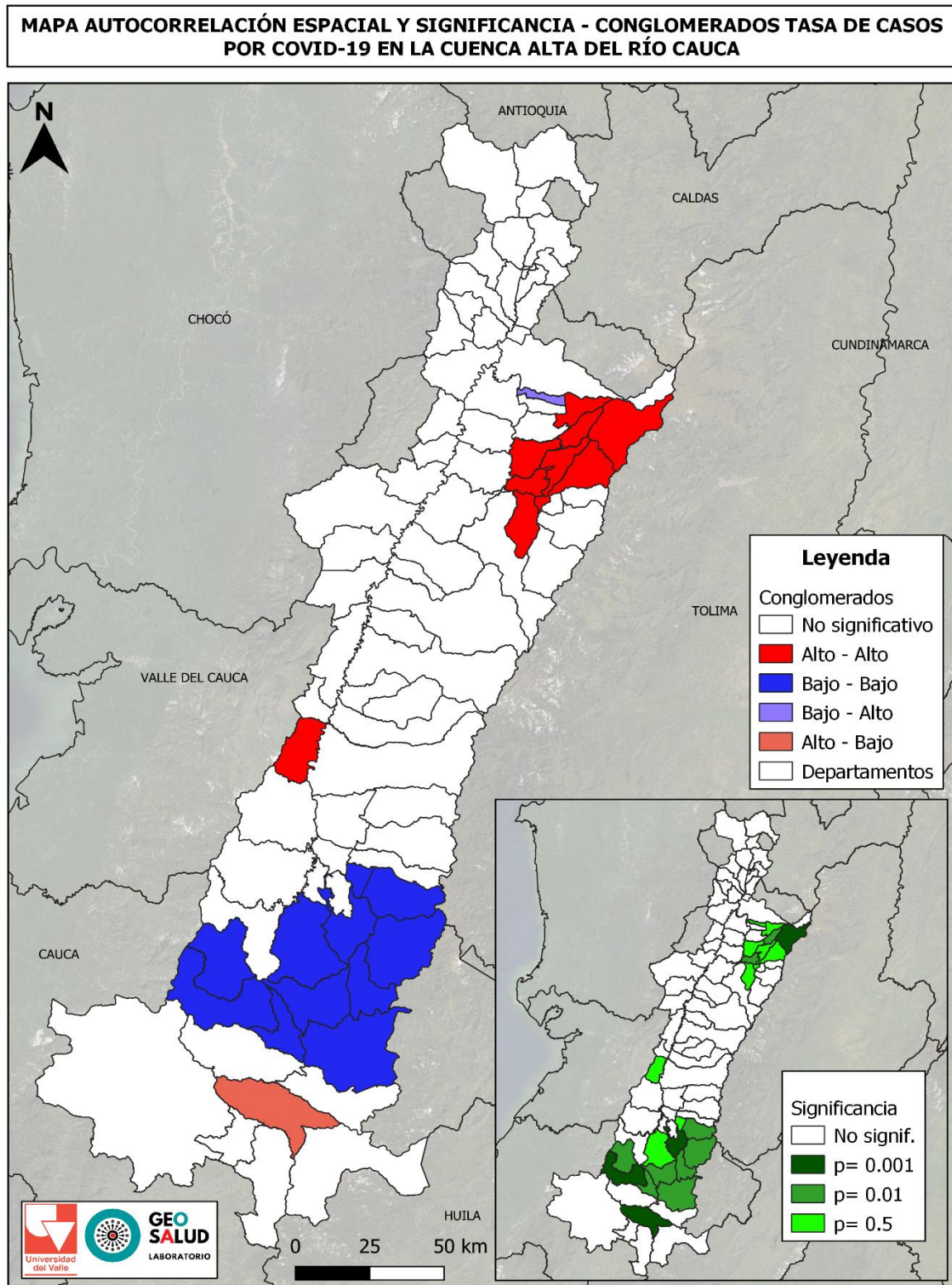
Como parte del AEDE en la tasa de casos, se realizó el análisis de concentración espacial, el cual también se hizo a través del programa de GeoDa, en el cual se determinó con un mapa de conglomerados, que aumentan las ubicaciones significativas, en función de la ubicación del valor y su retraso espacial en el diagrama de dispersión de Moran.

En el siguiente mapa (mapa 6), se encuentran desarrolladas cuatro categorías que están representadas con rojo oscuro para los grupos altos-altos, que se encuentran en el norte de la CARC en la zona del antiguo Calda en el departamento de Quindío y un municipio en la franja central del Valle del Cauca, el municipio de Yumbo; azul oscuro para los grupos bajos-bajos, ubicados en un gran conglomerado en el sur de la cuenca en el departamento de Cauca; azul claro para los valores atípicos espaciales bajos-altos ubicado contiguamente al conglomerado de valores alto-alto en el norte de la CARC, este municipio es Ulloa, y con color rojo claro para los valores atípicos espaciales altos-bajos, el cual es Popayán ubicado en el sur del área de estudio.

Por otro lado, en el mapa de significancia, el cual se encuentra en el costado derecho dentro del mapa de conglomerados, muestra únicamente los valores del índice local de Moran más significativos, pero no permite apreciar el signo de dichos coeficientes, es decir que, en colores verdes están los valores que pertenecen a municipios que están auto correlacionados significativamente, mientras que, en color gris indica que estos no están auto correlacionados.

Dentro del mapa 6, en el mapa de LISA, se puede identificar visualmente que los valores p de 0.001 están presentes en el norte de la CARC en el municipio de Salento en el departamento de Quindío, además en el sur de la cuenca en el departamento de Cauca, incluido Popayán, por otro lado, los valores p de 0.05 están dispersos desde el conglomerado en el sur hasta, pasando por la franja central del Valle del Cauca con el municipio de Yumbo y en el norte del área de estudio en la zona del antiguo Caldas, por último, los valores p de 0.01 se encuentran en el conglomerado ubicado en el sur de la CARC y en menor medida en el conglomerado del norte de la misma.

Mapa 6. Autocorrelación espacial y significancia de conglomerados de la tasa de casos por COVID-19 en la Cuenca Alta del río Cauca.



## Caracterización de la distribución espacial de los determinantes sociales de la salud.

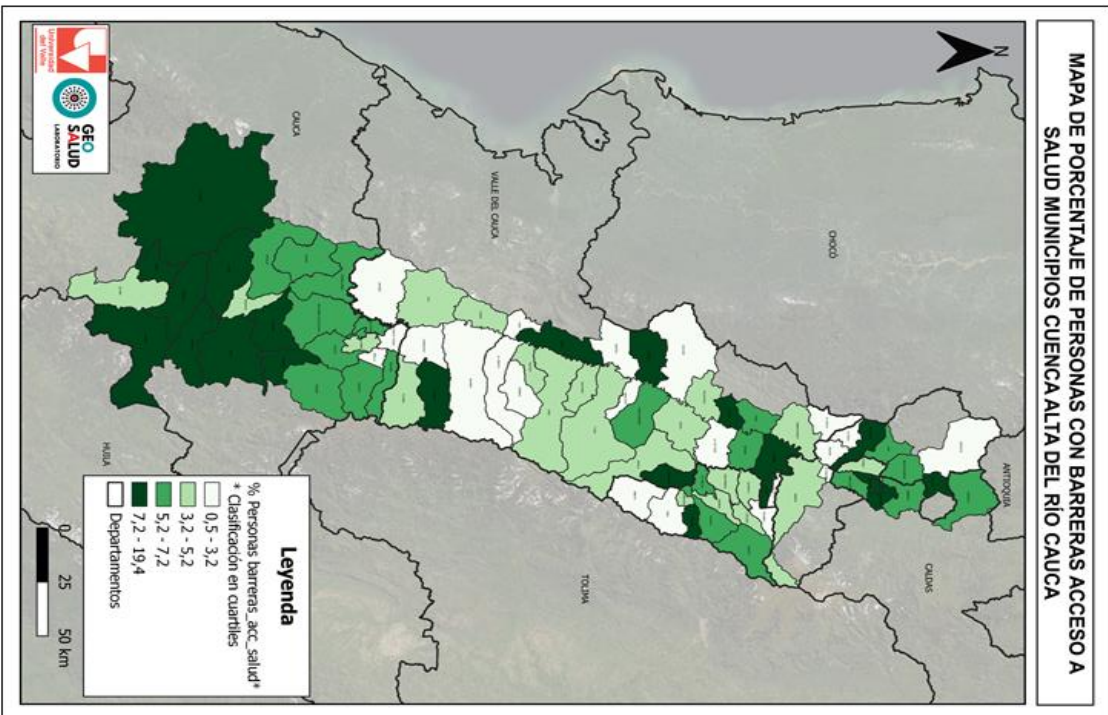
En respuesta al objetivo principal de caracterizar la distribución espacial de determinantes sociales de la salud y la ocurrencia de COVID-19 en los municipios de la Cuenca Alta del río Cauca, como se mencionó en la metodología, las variables fueron montadas en un sistema de información geográfica; QGIS, a partir del cual, se desarrolló cartografía temática que incorporó en una ficha cartográfica, datos sobre el origen y significado de cada variable, así como una descripción y la relación para la ocurrencia de COVID-19 en el área de estudio.

En total se desarrollaron 13 fichas de análisis de variables sociodemográficas a escala municipal:

1. Barreras de acceso a salud.
2. Estrato socioeconómico.
3. Sin aseguramiento a seguridad social en salud.
4. Población con acceso a acueducto.
5. Adultos mayores de 60 años.
6. Población por etnias.
7. Población con acceso a alcantarillado.
8. Población con acceso a servicio de recolección de basura.
9. Población con hacinamiento crítico.
10. Población económicamente activa.
11. Población con acceso a servicios públicos.
12. Población total.
13. Población con trabajo informal.

A continuación, se presenta cada ficha cartográfica de los determinantes sociales de la salud.

Ficha 1. Barreras de acceso a salud



### Barreras de acceso a salud

**Fuente:** DANE

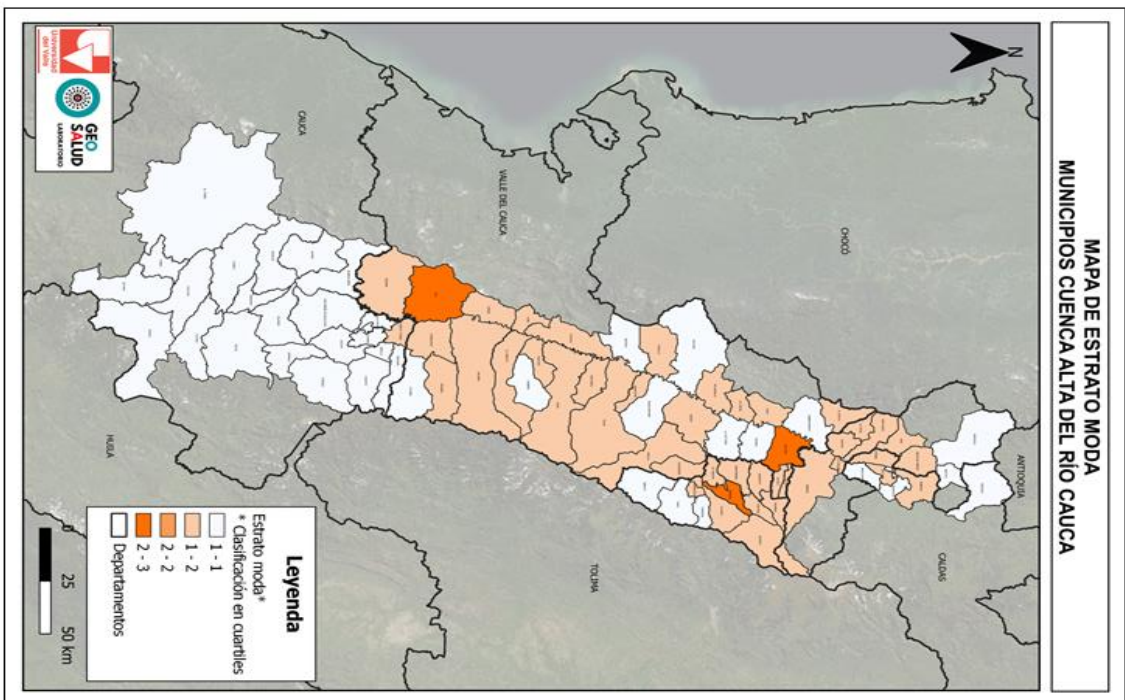
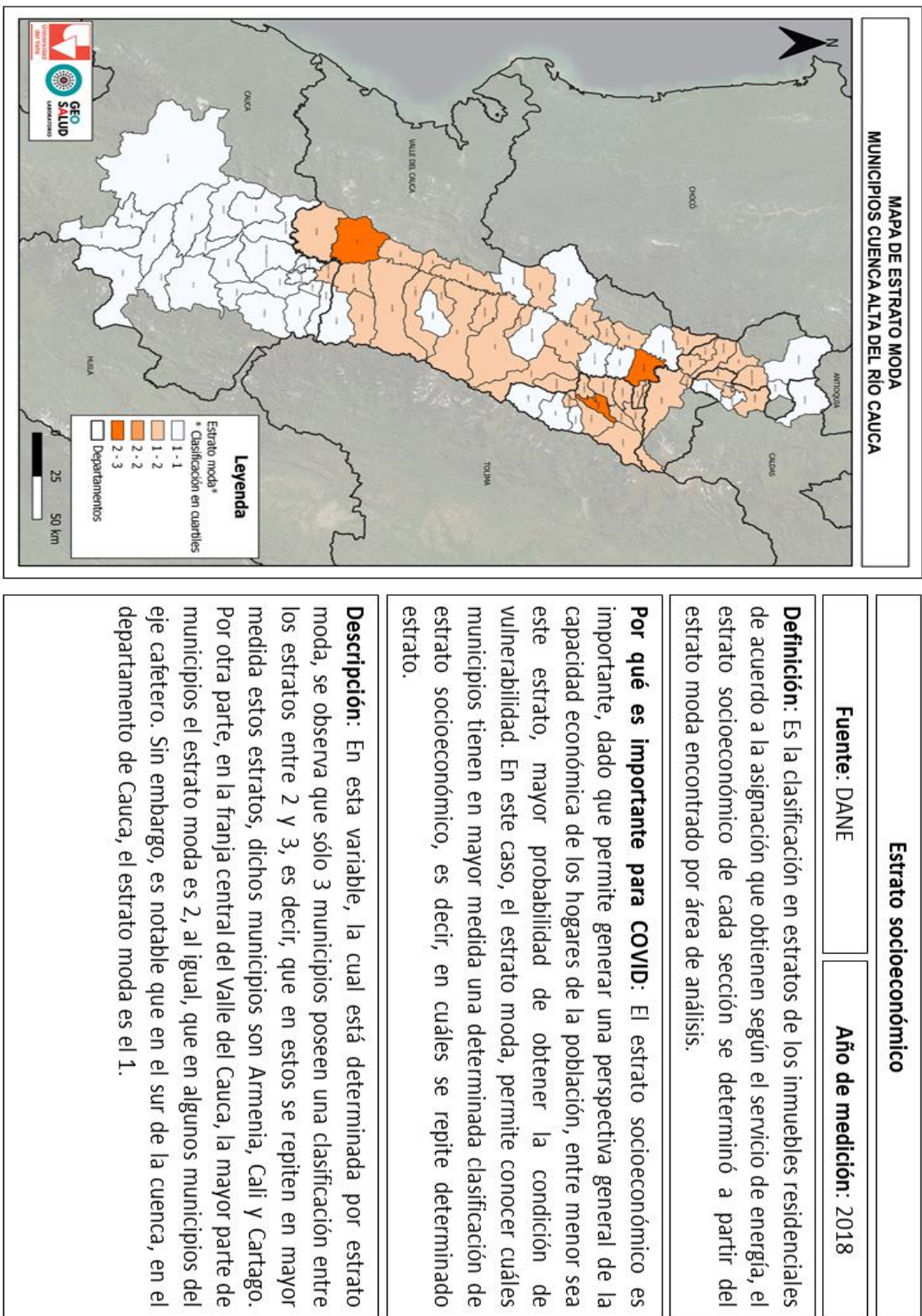
**Año de medición:** 2018

**Definición:** Personas que se consideraran privadas por barreras de acceso a salud dada una necesidad, si pertenece a un hogar que tiene, al menos, una persona que en los últimos 30 días respecto al momento de la encuesta tuvo una enfermedad, accidente, problema odontológico o algún otro problema de salud, que no haya implicado hospitalización y que para tratar este problema no acudió a un médico general, especialista, odontólogo, terapeuta o institución de salud.

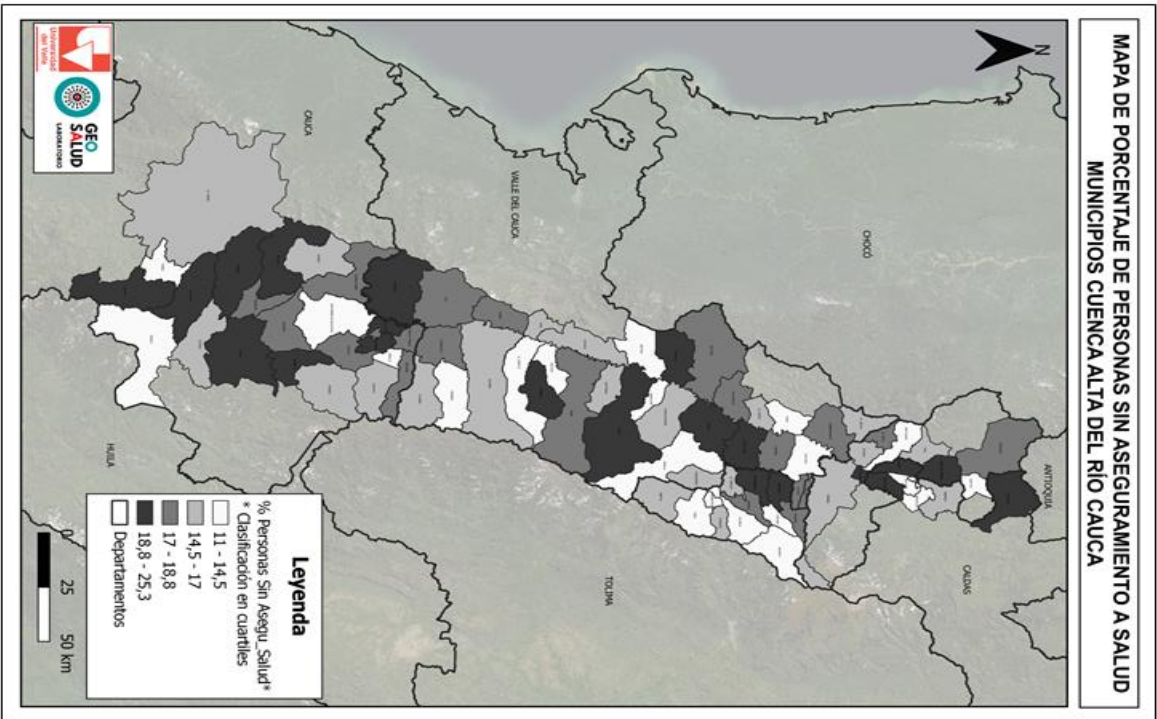
**Por qué es importante para COVID:** Esta variable es importante en la incidencia de COVID-19, dado que, las personas que se consideran que tienen barreras de acceso a salud, automáticamente adquieren un grado de vulnerabilidad al no contar con una rápida atención frente algún problema que afecte la salud, lo cual, en un contexto de pandemia, representa un grave riesgo de contagio para la población.

**Descripción:** Se puede observar en la zona sur de la cuenca, en el departamento del Cauca un conglomerado de municipios en color verde oscuro, en el se observa una alta incidencia que varía entre un 7,2 y 19,4% de la población con barreras de acceso a salud, una mediana incidencia en el norte del Cauca con un verde más claro, una incidencia baja en la franja central del Valle del Cauca, exceptuando el municipio de Pradera, Yotoco y Trujillo, y una distribución aleatoria en el norte de la cuenca, en el eje cafetero.

Ficha 2. Estrato socioeconómico.



Ficha 3. Sin aseguramiento a seguridad social en salud.



### Sin aseguramiento a seguridad social en salud

**Fuente:** DANE

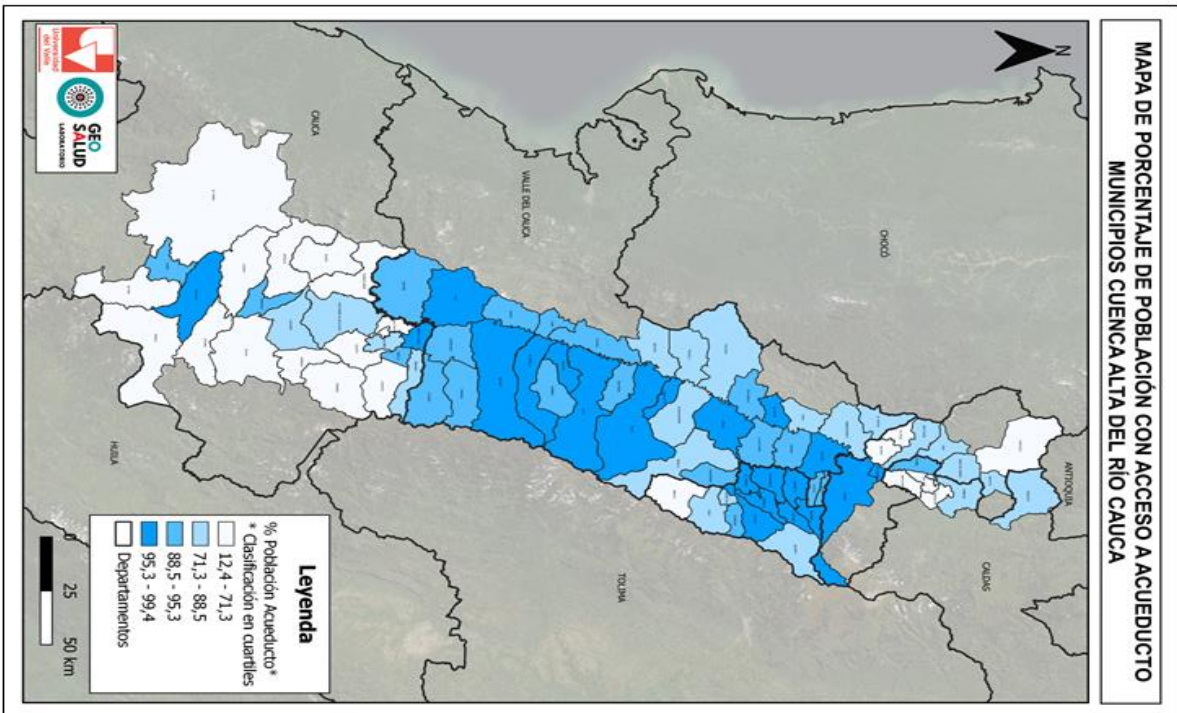
**Año de medición:** 2018

**Definición:** Personas que presentan alguna de las siguientes opciones en estado de afiliación en salud: desafiado (DE), retirado (RE) e interrumpido por migración (RX).

**Por qué es importante para COVID:** La variable sin aseguramiento a seguridad social en salud, es de vital importancia dado que la población que posee esta condición, se encuentra sin algún estado de afiliación en salud. En caso de que la persona, se encuentre en esta condición, representa una fuerte barrera para Esto sumado a otras variables, puede representar un alto grado de vulnerabilidad.

**Descripción:** Se puede observar que la distribución y comportamiento de esta variable en la cuenca alta del río Cauca, es de manera aleatoria, en la zona sur, en el departamento de Cauca, hay un grupo de municipios; Morales, Sotará, Popayán, Silvia, Cajibío y Jambalo, los cuales poseen una clasificación alta, la cual oscila entre el 18,8% y el 25,3% de personas sin aseguramiento a seguridad social en salud, un grupo similar se puede observar en el norte del Valle del Cauca limitando con el departamento de Quindío, en los municipios de Zarzal, La Victoria, Montenegro y Quimbaya, al igual que un pequeño grupo en el departamento de Risaralda en el extremo norte de la cuenca. En el resto de la cuenca la distribución y su comportamiento tiende a ser aleatoria.

Ficha 4. Población con acceso a acueducto.



### Población con acceso a acueducto

**Fuente:** DANE

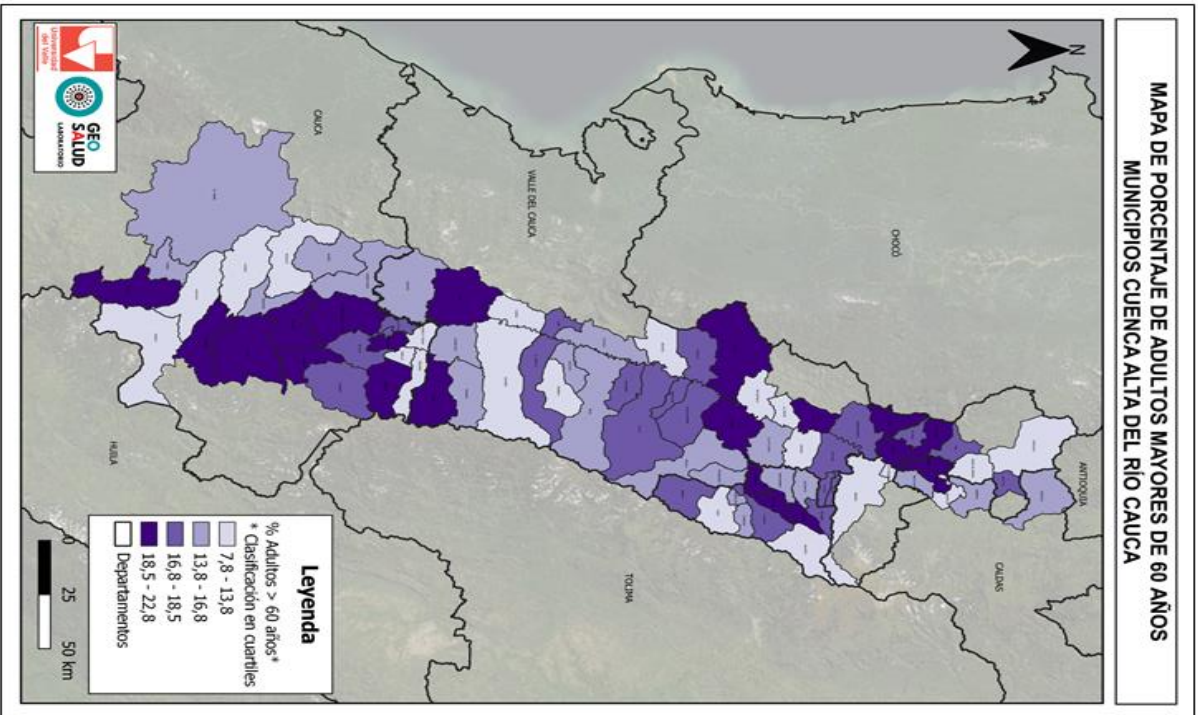
**Año de medición:** 2018

**Definición:** Población con acceso a acueducto como servicio básico público.

**Por qué es importante para COVID:** Esta variable es importante dado que, el acceso a acueducto como un servicio público, es un derecho universal, permite el desarrollo de unas condiciones básicas de saneamiento para cualquier comunidad. Además, contar con acceso a acueducto permite que las personas hagan uso de este como medida para prevenir el contagio.

**Descripción:** En esta variable, se observa un déficit de cobertura en el servicio en la zona sur de la cuenca, en el departamento de Cauca, en color blanco, se identifica un porcentaje que varía entre el 12,4 % y el 71,3 % de población que cuenta con acceso a acueducto como servicio público, a excepción de Popayán. En la franja central esta se comporta con una mayoría de municipios que cuentan con porcentajes por encima del 88,5 %, al igual que en el eje cafetero. En el extremo norte de la cuenca algunos, municipios varían entre el 12,4 % y el 88,5 %. Sin embargo, es muy marcada la diferencia entre la zona sur de la cuenca con el resto.

Ficha 5. Adultos mayores de 60 años.



### Adultos mayores de 60 años.

**Fuente:** DANE

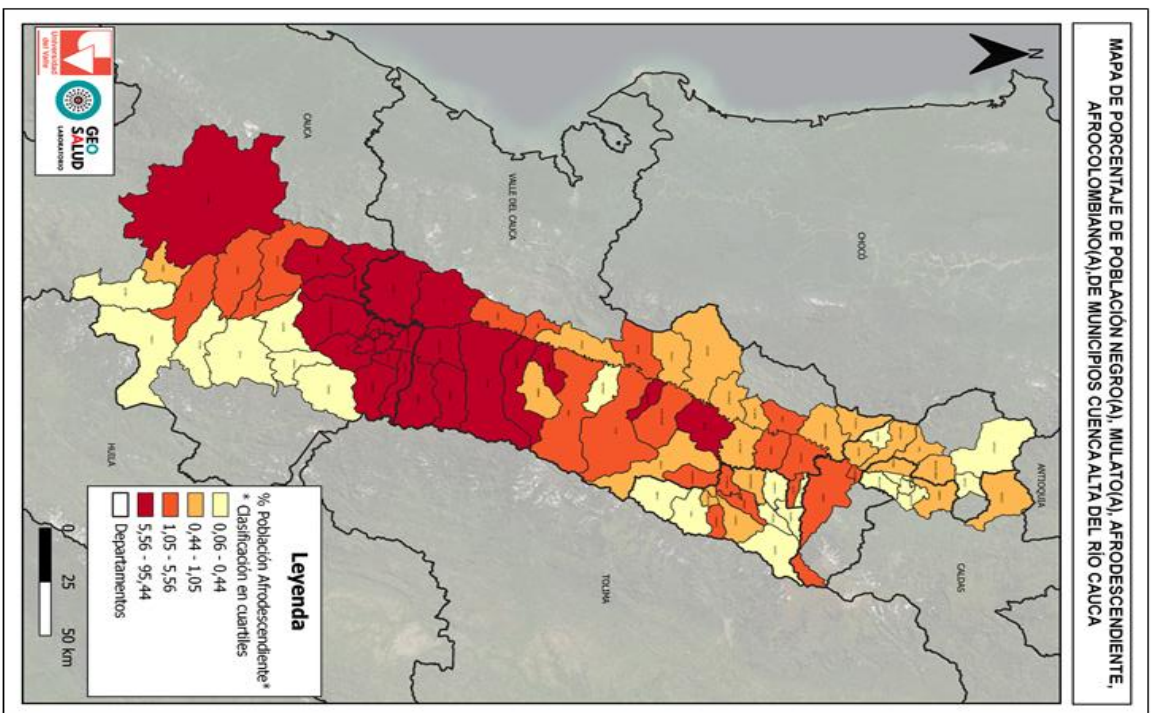
**Año de medición:** 2018

**Definición:** Proporción de personas mayores de 60 años respecto al total de la población por sección censal.

**Por qué es importante para COVID:** Esta variable es de vital importancia, dado que permite conocer el porcentaje de personas adultos mayores de 60 años en cada municipio, este grupo etario es más susceptible en un posible contagio de COVID-19.

**Descripción:** El comportamiento espacial de esta variable en la cuenca alta, muestra un grupo de municipios en la parte sur en el departamento de Cauca, los municipios de Totoro, Silvia, Santander de Quilichao, Caldon, Jámalo y Guachené, con el mayor porcentaje; el cual va de 18,5% hasta un 22,8% de adultos mayores de 60 años, respecto al total de población. Por otro lado, la ciudad de Cali también posee un alto porcentaje. Además, otro grupo se encuentra en la zona norte de la cuenca en el departamento de Risaralda, en los municipios de Balboa, El Águila, Santuario, Viterbo y San José. En la franja central del Valle del Cauca, la distribución es aleatoria, entre el 7,8% y el 18,5%.

Ficha 6. Población por etnias.



### Población por etnias

**Fuente:** DANE

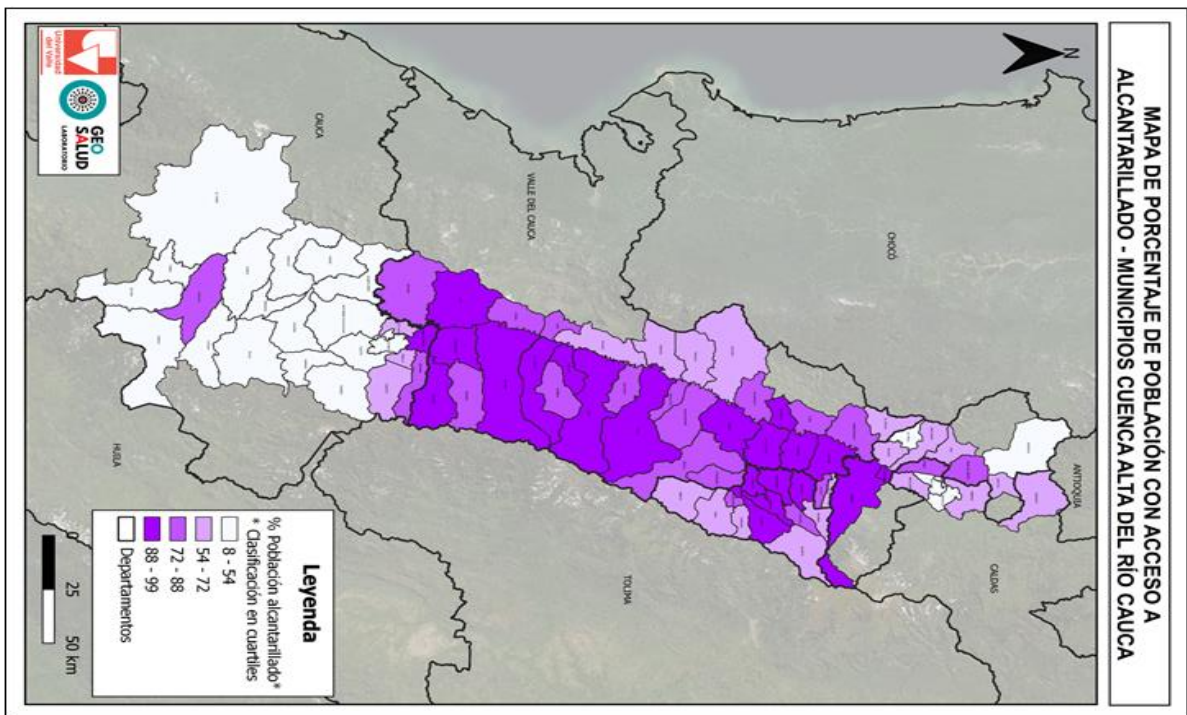
**Año de medición:** 2018

**Definición:** Porcentaje de personas con autorreconocimiento étnico, es decir que se reconocen con características culturales y territoriales de un grupo poblacional determinado: Negro(a), mulato(a), afrodescendiente, afrocolombiano(a).

**Por qué es importante para COVID:** Según datos de la CEPAL, este grupo presenta peores indicadores de bienestar que sus pares no afrodescendientes, aparecen como uno de los grupos más vulnerables frente a la pandemia, tanto en lo que respecta a la infección como a la mortalidad.

**Descripción:** En la distribución de esta variable, se puede observar un marcado grupo de municipios en la cuenca alta, este se encuentra localizado entre el departamento de Cauca y Valle, con un porcentaje que varía entre el 5,56% y el 95,44%. La concentración de personas afrodescendientes, se encuentra focalizado en esta área. Además, se observa que en la zona sur de la cuenca, en el departamento de Cauca, el porcentaje de población es muy bajo, al igual que en la zona norte en el departamento de Risaralda y Quindío.

Ficha 7. Población con acceso alcantarillado.



### Población con acceso a alcantarillado

**Fuente:** DANE

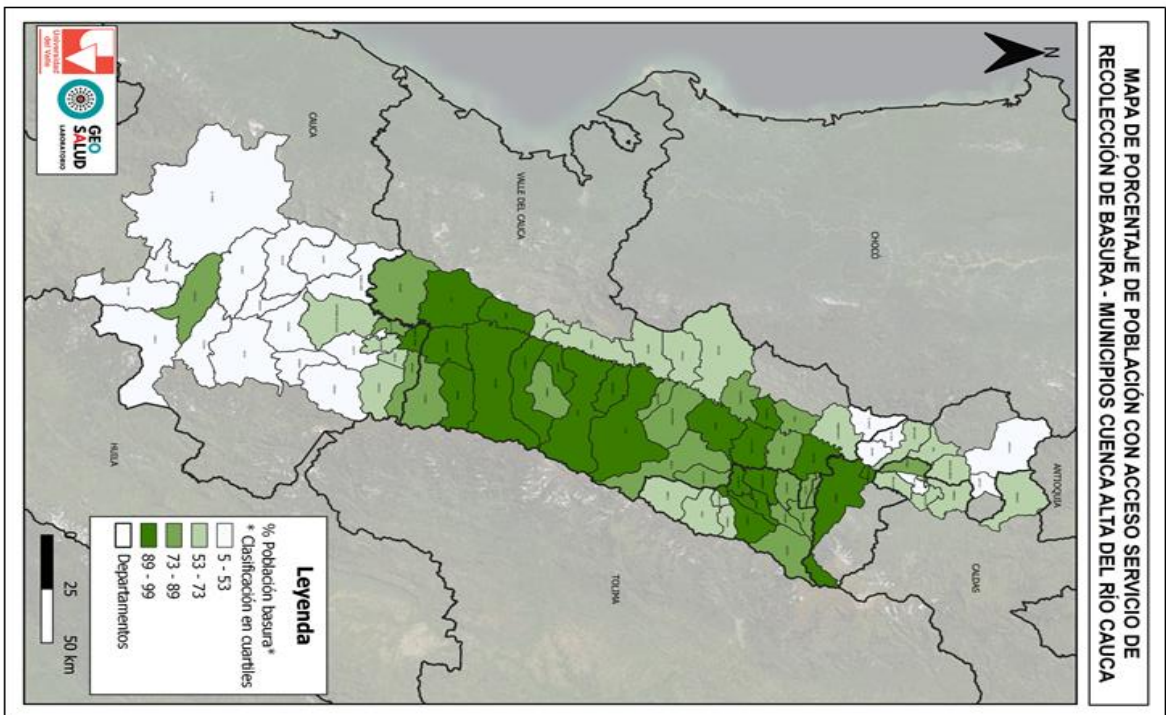
**Año de medición:** 2018

**Definición:** Promedio de personas que cuentan con servicios públicos de alcantarillado.

**Por qué es importante para COVID:** Esta variable hace parte de los servicios básicos para el buen desarrollo y buen vivir de las comunidades, un factor necesario para el saneamiento del agua. Además, contar con alcantarillado y tratamiento de aguas residuales evita el contagio de COVID-19.

**Descripción:** La distribución del porcentaje de población que cuenta con acceso a alcantarillado es muy marcada entre departamentos, todos los municipios pertenecientes al departamento de Cauca a excepción de Popayán, tienen un nivel bajo que oscila entre el 8% y el 54%. De igual manera, en el departamento de Risaralda en la zona norte de la cuenca, algunos municipios cuentan con un nivel bajo. Por el contrario, la zona del departamento de Valle del Cauca, Quindío y Caldas, cuentan con una buena proporción de población que cuenta con acceso a este servicio.

Ficha 8. Población con acceso a servicio de recolección de basura.



### Población con acceso a servicio de recolección de basura

**Fuente:** DANE

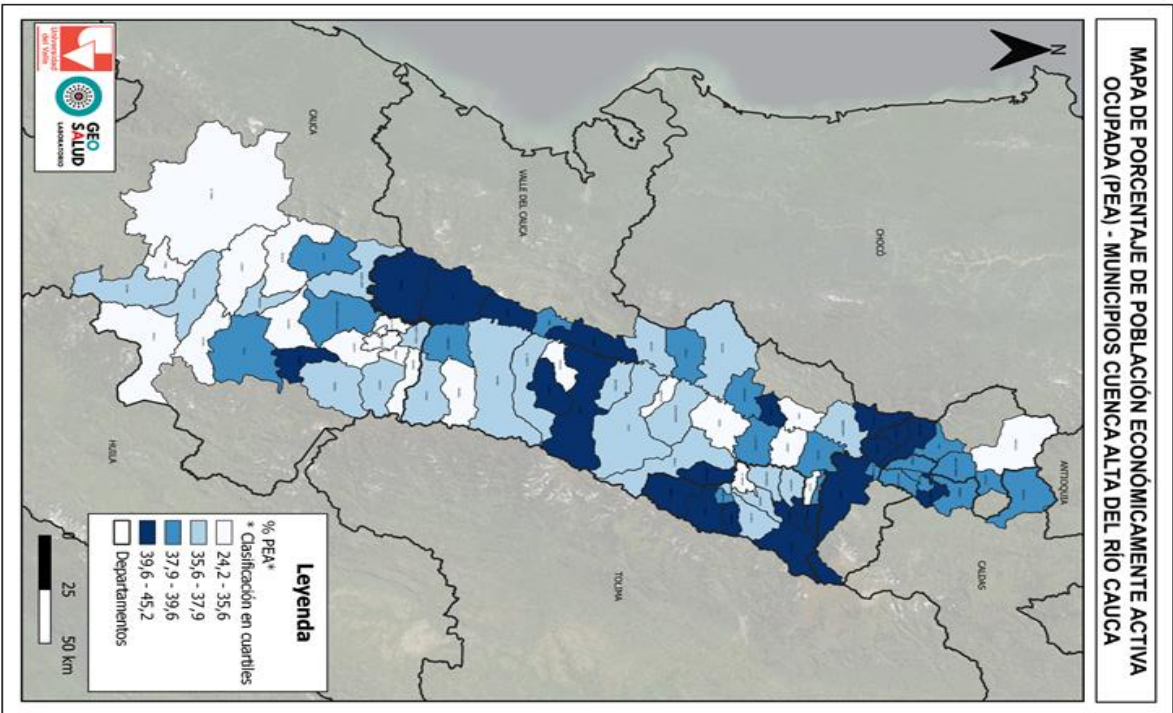
**Año de medición:** 2018

**Definición:** Promedio de personas que cuentan con servicios públicos de recolección de basura.

**Por qué es importante para COVID:** Esta variable hace parte de los servicios básicos para el buen desarrollo y buen vivir de las comunidades, un factor importante como la recolección de basura y el buen manejo de residuos, permite una reducción en el riesgo de contagio.

**Descripción:** La distribución que presenta esta variable es muy parecida a la variable de población con acceso a alcantarillado, en la que en la zona sur de la cuenca, en el departamento de Cauca, se presenta un nivel bajo en la proporción de personas que cuentan con acceso a este servicio, oscilando entre el 5% y el 53%, a excepción de Popayán, Guachené, Padilla, Corinto y Santander de Quilichao. Al igual que en la zona norte de la cuenca en el departamento de Risaralda. Por el contrario, en la parte centro del Valle del Cauca, y en el norte en Quindío y Caldas, estos tienen una clasificación que oscila entre el 74 y el 99%.

Ficha 9. Población económicamente activa.



### Población económicamente activa.

**Fuente:** DANE

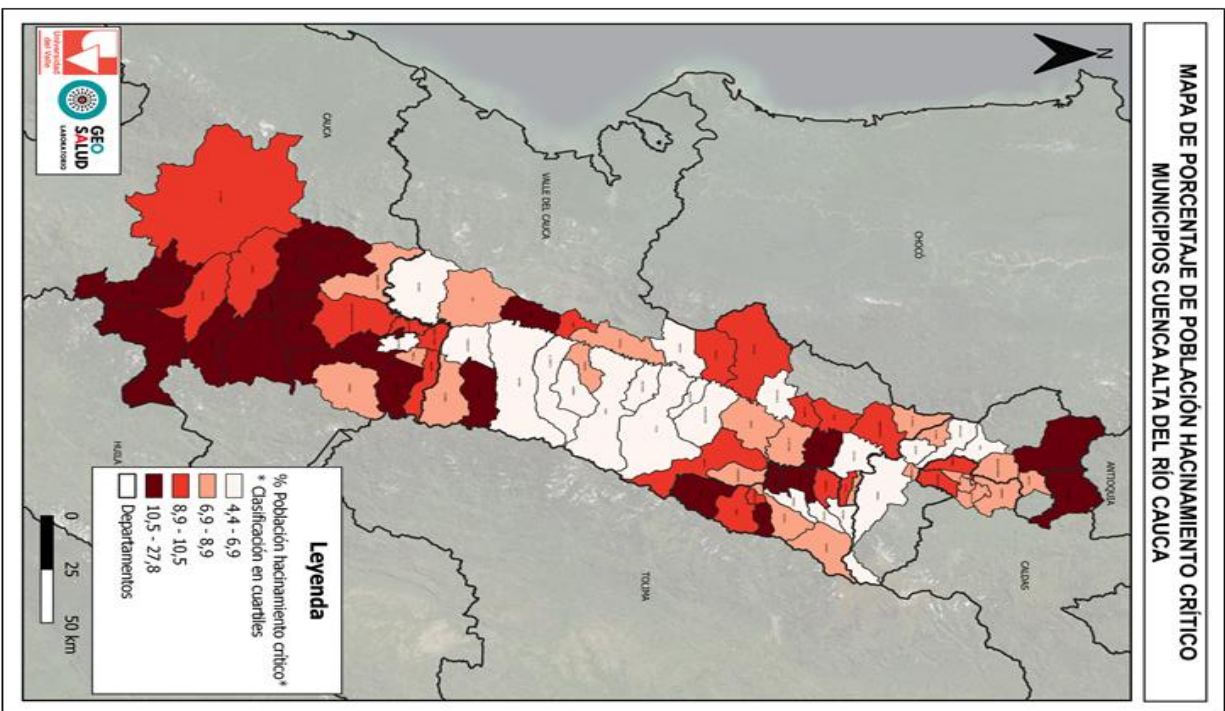
**Año de medición:** 2018

**Definición:** Proporción de la población económicamente activa (PEA) del hogar que son ocupados en donde son ocupados, las personas que durante el periodo de encuesta ejercieron una ocupación remunerada, por lo menos 1 hora en una actividad que le genere algún ingreso, aquella persona que trabajo o ayudo en un negocio por lo menos una hora sin que le pagaran y la persona que no trabajo, pero tenía un empleo, trabajo o negocio por el que recibe ingresos.

**Por qué es importante para COVID:** Esta variable es importante dado que, a través de ella puede conocerse que municipios cuentan con una mayor proporción de personas que tienen algún trabajo y generan algún ingreso, lo cual, en ciertas condiciones de concentración y movilidad suponen un mayor riesgo de contagio.

**Descripción:** Para esta variable, en el sur de la cuenca, en el departamento de Cauca, el comportamiento oscila entre un 24,2% y un 39,6%, entre valores bajos y medios de proporción de personas económicamente activas, exceptuado por Jambalo, que tiene un porcentaje más alto. En el departamento del Valle del Cauca, los municipios de Cali, Yumbo y Jamundí forman un pequeño grupo que refleja la actividad económica de estos, otro grupo más al norte es Buga, Yotoco, y Ginebra. Entre los departamentos de Quindío y Risaralda, un grupo grande municipios, entre los que se encuentra Salento, Pereira y Circasia, entre otros, cuentan con valores altos.

Ficha 10. Población con hacinamiento crítico.



### Población hacinamiento crítico.

**Fuente:** DANE

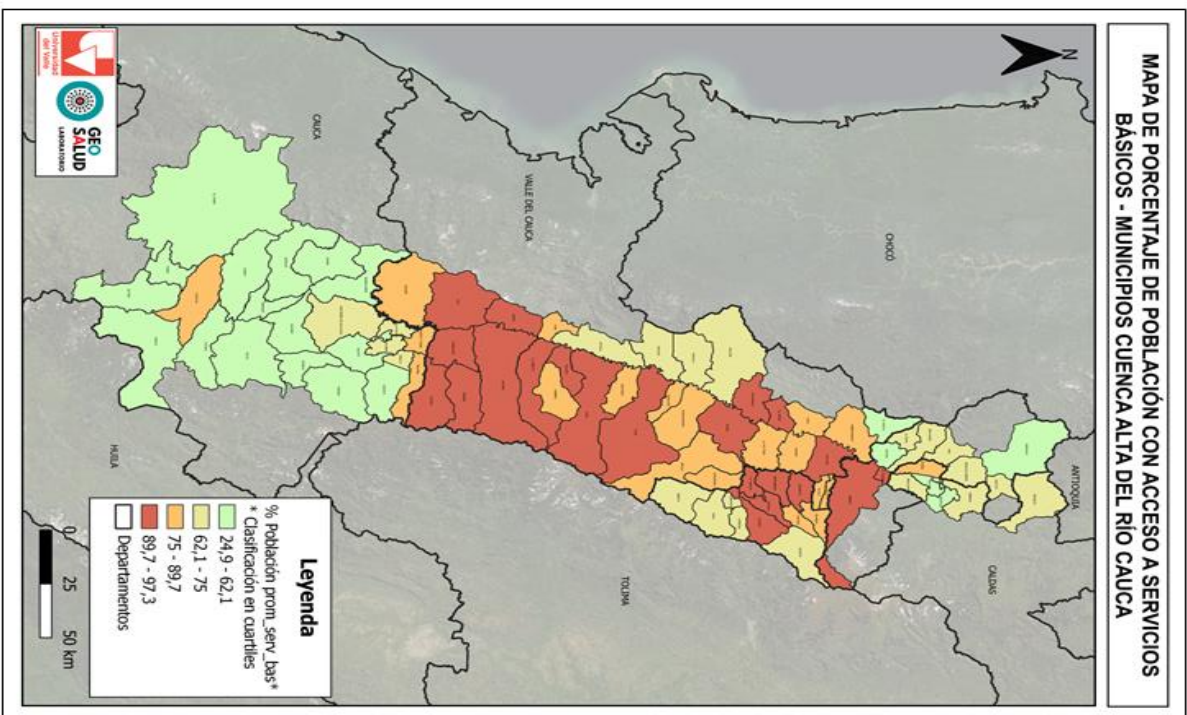
**Año de medición:** 2018

**Definición:** Se define como el número de personas por cuarto para dormir excluyendo cocina, baño y garaje e incluyendo sala y comedor en donde más de 3 personas durmiendo por cuarto es considerado como vivienda en hacinamiento crítico, el valor para cada sección es representado como la proporción de viviendas que presentan hacinamiento crítico.

**Por qué es importante para COVID:** Esta variable en especial es una de las más importantes, dado que, el COVID-19 puede propagarse fácilmente en una vivienda en hacinamiento crítico, los municipios que presentan una alta proporción de este se encuentran en un mayor riesgo de contagio.

**Descripción:** En la distribución espacial de esta variable, se observa un alto porcentaje de población en hacinamiento crítico en el departamento de Cauca, un grupo grande de municipios tiene los valores más altos, los cuales oscilan entre el 10,5% y el 27,8% del total de la población, esta cifra no es menor al 6,9%. En el Valle del Cauca, el comportamiento de este es variado, en la franja central no tiene valores tan altos, a excepción de Yumbo y Pradera, en la parte norte de la cuenca, el comportamiento de esta es muy variado, desde valores bajos a altos. Por último en el departamento de Risaralda, dos municipios también poseen valores altos de hacinamiento crítico. Sin embargo, la distribución más notable es la del sur de la cuenca.

Ficha 11. Población con acceso a servicios básicos.



### Población con acceso a servicios básicos.

**Fuente:** DANE

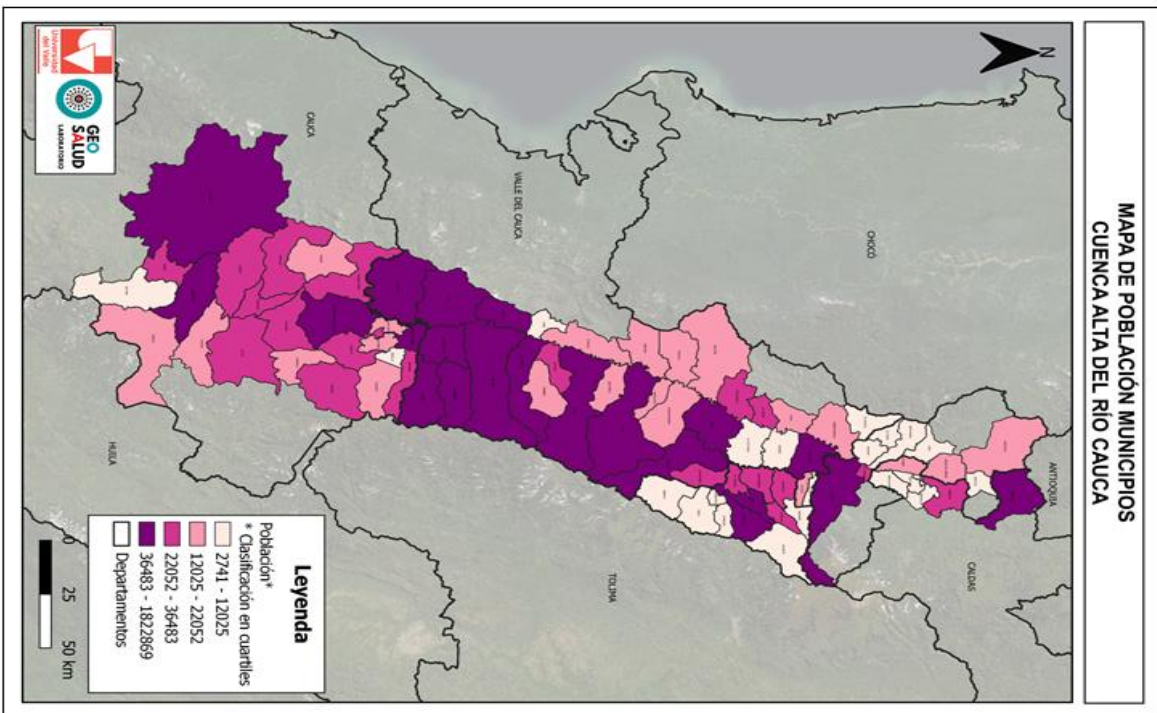
**Año de medición:** 2018

**Definición:** Promedio de personas que cuentan con servicios públicos: energía, acueducto, alcantarillado, gas y recolección de basuras.

**Por qué es importante para COVID:** El promedio de personas que cuentan con servicios públicos, permite establecer que municipios cuentan con servicios de saneamiento, agua y energía, y cuáles de estos son más vulnerables al contagio de COVID-19.

**Descripción:** El comportamiento de esta variable demuestra el bajo nivel de proporción de población con acceso a servicios básicos con el que cuenta el departamento de Cauca, en el sur de la cuenca, con valores que oscilan entre el 24,9% y el 62,1%, exceptuado por Popayán, con niveles que rondan entre el 75% y el 89,7%. En la zona norte de la cuenca en el departamento de Risaralda y Caldas, el comportamiento es entre bajo y medio. En el departamento de Quindío, estos se encuentran por encima del 62,1%. En Por el contrario, en el departamento del Valle del Cauca, en la franja central estos son mayores del 89,7% alcanzando hasta un 97,3%,

Ficha 12. Población total.



## Población

**Fuente:** DANE

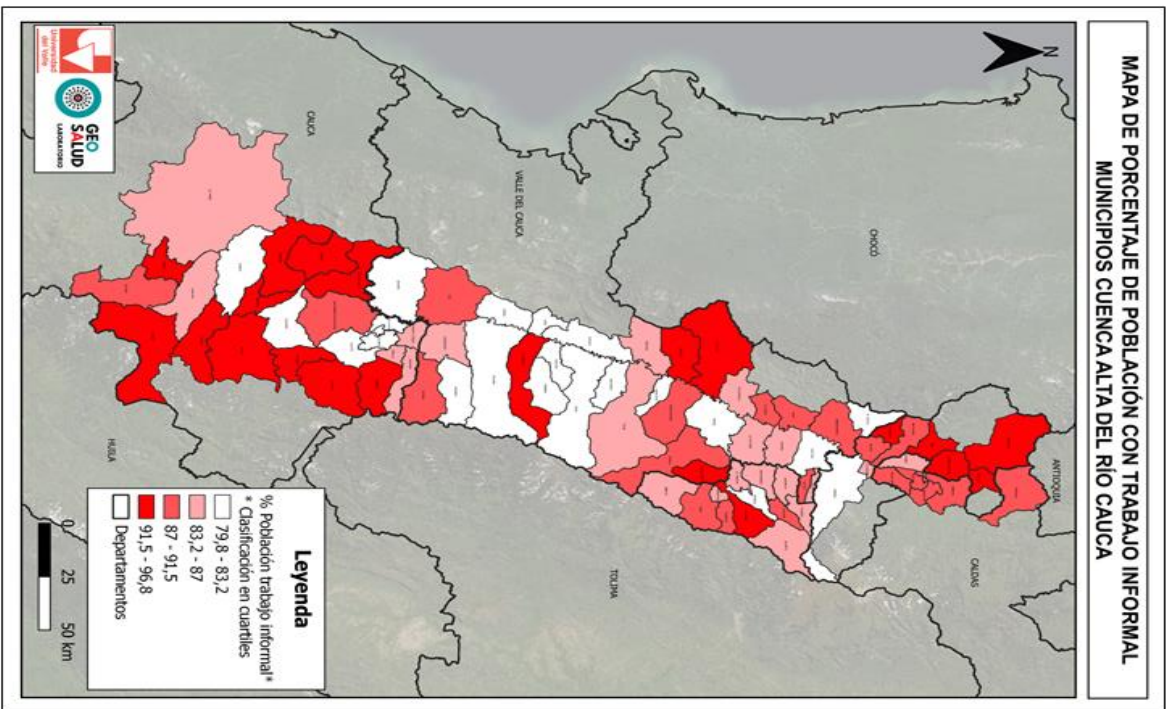
**Año de medición:** 2018

**Definición:** Cantidad total de personas por municipio, según el Censo de Población, suministrado por el DANE.

**Por qué es importante para COVID:** La población total por municipio, nos permite sentar de base, y dimensionar ante una posible propagación del virus, el riesgo que existe para extenderse en toda la población.

**Descripción:** El comportamiento de esta variable, refleja los municipios más poblados de la cuenca, en el departamento de Cauca, de 22 municipios, sólo hay 3 que cuentan con una población por encima de los 35.000 habitantes. Mientras que en el departamento de Valle del Cauca, de 33 municipios, 13 están por encima de los 35.000, sin embargo, el municipio de Cali, es el más poblado. Por otro lado, en el departamento de Quindío, sólo 2 municipios, entre ellos Armenia. Sin embargo, el departamento de Risaralda y Caldas, tan solo 1 municipio superan esa cifra. En total de 83 municipios, 20 municipios cuentan con una población por encima de los 35 mil habitantes. Por último, una de las zonas menos pobladas se encuentra en el norte de la cuenca, en los departamentos de Quindío y Risaralda, en donde se encuentran municipios que cuentan con una población que varía entre los 2.700 y los 12.000 habitantes.

Ficha 13. Población con trabajo informal.



### Población con trabajo informal.

**Fuente:** DANE

**Año de medición:** 2018

**Definición:** Proporción de la Población Económicamente Activa (PEA) del hogar que son ocupados y no cotizan a fondo de pensiones.

**Por qué es importante para COVID:** Esta variable, refleja el porcentaje de personas que trabajan de manera informal, aquella población que trabaja muchas veces, en las calles, y que no cuentan con un sustento económico estable, por lo tanto, se ven forzados a salir día a día a trabajar, y no pueden quedarse en sus casas, incrementando un mayor riesgo de contagio.

**Descripción:** La distribución del trabajo informal en la cuenca, se concentra en el sur, en el departamento de Cauca con altos porcentajes de trabajo informal, al igual que en la zona norte, en el departamento de Risaralda y Caldas. De igual manera, en algunos municipios en la parte central, entre el departamento de Quindío y Valle del Cauca, se distribuye entre las diferentes clasificaciones. Sin embargo, en la franja central del Valle del Cauca, se encuentra un grupo de municipios a excepción de El Cerrito, que cuentan con la clasificación más baja en esta variable. No obstante, es de tener en cuenta, que el porcentaje que se tiene en todos los municipios es considerablemente alto, los valores oscilan entre el 79,8% y el 96,8%. Más de la mitad de la población en cada municipio está en condición de trabajo informal.

## Discusión

En el presente trabajo mediante los distintos análisis del AEDE se demostró que existe la concentración de conglomerados de la tasa de casos y mortalidad en la CARC en diferentes zonas que están relacionadas a factores que inciden en la ocurrencia de COVID-19, los cuales fueron formulados como determinantes sociales de la salud, esto responde a la pregunta inicial de que la distribución de los casos sí es acorde a las desigualdades sociales y de salud, incluido el acceso al agua y el saneamiento. Además, de la comprobación de una autocorrelación directa entre los municipios vecinos con niveles altos-altos y niveles bajos-bajos de tasas de mortalidad y casos, conformando diferentes conglomerados por regiones a lo largo del área de estudio.

Contrastando los resultados con otros estudios en diferentes países, se encontró que en Estados Unidos se identificó un riesgo mayor de mortalidad en condados asociado con un alto porcentaje de población en situación de pobreza<sup>46</sup>, en cambio, en una investigación realizada en Inglaterra el riesgo e incremento de la tasa de mortalidad estaba asociado a entidades territoriales que contaban con una mayor proporción de residentes de minorías étnicas o BAME<sup>47</sup> y que al igual contaban con bajos ingresos<sup>48</sup>, del mismo modo, en España los resultados reflejaron tres variables significativas en la incidencia de COVID-19, tamaño de la población, densidad de población y tasa de desempleo<sup>49</sup>. Teniendo en cuenta lo anterior, los factores que inciden en la ocurrencia del virus se asocian a determinantes sociales de la salud, en mayor proporción al tamaño y densidad de población, condiciones socioeconómicas y acceso a servicios de necesidades básicas.

Por otra parte, los métodos que fueron utilizados en la presente investigación permitieron identificar de manera acertada los posibles conglomerados de municipios que poseen una alta y baja incidencia de casos y defunciones por COVID-19, además, de la identificación del proceso de difusión que tuvo este nuevo coronavirus a lo largo de la CARC desde abril a julio de 2020, en el cual se resalta el hallazgo del proceso de propagación en las zonas con mayor actividad económica o poblacional y que tienen determinantes sociales de la salud, como por ejemplo, la zona metropolitana de Santiago de Cali comprendida por Cali, Yumbo

---

<sup>46</sup> FIELDING-MILLER, Rebecca, SUNDARAM, María, BROUWER, Kimberley. Social determinants of COVID-19 mortality at the county level. En: *PLOS One*. San Francisco: Public Library of Science, vol. 15, nro. 10. p. 1-13. [Consultado el: 28 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7340202/pdf/nihpp-2020.05.03.20089698.pdf>. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0240151>

<sup>47</sup> BAME Groups, en inglés: Black, Asian, and minority ethnic, es un término común usado en el Reino Unido.

<sup>48</sup> ROSE, Tanith *et al.* Inequalities in COVID19 mortality related to ethnicity and socioeconomic deprivation. En: *MedRxiv*. Londres: MedRxiv, 2020. p. 1-16. [Consultado el: 28 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.04.25.20079491v2.full.pdf+html> DOI: <https://doi.org/10.1101/2020.04.25.20079491>

<sup>49</sup> DAHAL, Sushma, MIZUMOTO, Kenji, ROTHENBERG, Richard, CHOWELL, Gerardo. Investigating spatial variability in COVID-19 pandemic severity across 19 geographic areas, Spain, 2020. En: *MedRxiv*. Londres: MedRxiv, 2020. p. 1-34. [Consultado el: 29 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.04.14.20065524v3.full.pdf+html> DOI: <https://doi.org/10.1101/2020.04.14.20065524>

y Jamundí hacia el interior de los municipios cercanos dentro de la franja central del Valle del Cauca, al igual que en algunas ciudades intermedias como Armenia, Pereira, Popayán, Santander de Quilichao, Tuluá, Buga, Palmira y Cartago, indicando una dispersión desde el interior hacia el exterior del área de estudio.

Sin embargo, una ventana de tiempo más amplia hubiese permitido un análisis espacio temporal más largo, dado que, la ventana de tiempo para la presente investigación es de 4 meses desde los inicios de reportes de casos el 6 de marzo hasta el 26 de junio de 2020. A diferencia de otros estudios, como la “Difusión espacio-temporal de muertes por COVID-19 en Argentina”<sup>50</sup> que aplicó una ventana de tiempo de 7 meses y logró identificar cerca de 10 conglomerados en una escala nacional y que sus resultados se consideran preliminares, puesto que, durante ese tiempo el virus estaba presentando una dispersión hacia el interior del país. Lo anterior, permite plantearse que con una mayor ventana de tiempo arrojaría resultados más sólidos de un análisis de distribución espacial.

Por otro lado, contrastando con otros trabajos con similares objetivos y metodología, como el artículo de “Análisis espacio-temporal del SARS-coV-2 en Cali, Colombia”<sup>51</sup> se reconoce que este en la parte de la distribución espacial se desarrolla en las dos funciones principales de la investigación geográfica “[...] como una herramienta de análisis para conocer la distribución y como una herramienta de comunicación para la toma de decisiones”<sup>52</sup>. Lo cual permitió la organización, planificación y ejecución de los cercos epidemiológicos, medidas de bioseguridad por zonificación y la toma de decisiones en los focos o puntos calientes de contagio identificados en la ciudad de Cali.

Teniendo en cuenta lo anterior, como crítica constructiva en el presente trabajo, al ser un área de estudio con una escala mayor predispone un panorama complejo para la toma de decisiones, a diferencia del artículo de Cuartas *et al* que propone manejar una escala de ciudad. Sin embargo, la localización de los distintos conglomerados permite plantearse la inclusión de este y futuras investigaciones como herramienta para la toma de decisiones y cooperación entre municipios y entidades gubernamentales a nivel departamental, incluyendo acciones de la mano de la salud pública y el bienestar para hacer frente a este coronavirus y futuras pandemias.

---

<sup>50</sup> LEVEAU, Carlos. Difusión espacio-temporal de muertes por COVID-19 en Argentina. En: *Revista Panamericana de Salud Pública* [en línea]. Washington: Organización Panamericana de Salud, 2021, vol. 45, nro. 3. p. 1-7. [Consultado el: 28 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/53350/v45e32021.pdf?sequence=1&isAllowed=y> DOI: <https://doi.org/10.26633/RPSP.2021.3>

<sup>51</sup> CUARTAS, Daniel *et al*. Análisis espacio-temporal del SARS-coV-2 en Cali, Colombia. En: *Revista de Salud Pública* [en línea]. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, enero-junio de 2020, vol. 22, nro. 2. p. 1-6. [Consultado el: 27 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/revsaludpublica/article/view/86431/75244> DOI: <https://doi.org/10.15446/rsap.v22n2.86431>

<sup>52</sup> *Ibíd.*, p. 2.

## Conclusiones y recomendaciones

Gracias a las distintas técnicas empleadas en el análisis exploratorio de datos espaciales, se logró comprender la distribución de casos y defunciones en los 83 municipios que conforman la Cuenca Alta del río Cauca – CARC, en esta se observó la concentración de conglomerados de la tasa de casos y mortalidad en las zonas del viejo Caldas en el departamento de Quindío, en la franja central del Valle del Cauca, la zona metropolitana de Santiago de Cali y en el sur de la CARC en el departamento de Cauca. Lo cual, indica intuitivamente la relación de incidencia de casos y defunciones en regiones de importancia económica, poblacional y social, quizás, por la interacción intermunicipal entre ciudades dormitorio y ciudades con centrales de trabajo, una relación de oferta y demanda laboral, esta interacción social permite una mayor probabilidad de contagios.

Por un lado, se obtuvieron resultados satisfactorios en la identificación de clústeres espaciales con valores altos y bajos en las tasas de mortalidad y casos, localizados en las zonas antes mencionadas, al igual que, la validación de una autocorrelación espacial entre los municipios con estos niveles, lo cual, automáticamente nos lleva a relacionarlo directamente con la Primera Ley de la Geografía de Tobler, “[...] todo está relacionado con todo lo demás, pero, las cosas cercanas están más relacionadas que las cosas distantes”<sup>53</sup>. Esta situación se ve ejemplificada en la zona metropolitana de Santiago de Cali y en la zona norte del antiguo Caldas, donde se ubican ciudades como Armenia y Pereira, nodos de actividades económicas y dinámicas poblacionales.

Por otro lado, el presente trabajo permitió un acercamiento de manera general a la situación socioeconómica de los municipios con altos niveles en las tasas de casos y defunciones, lo cual, permite reafirmar que sí existe una relación directa de los determinantes sociales de la salud con la incidencia de casos y la distribución de COVID-19.

Teniendo en cuenta lo anterior, sería interesante realizar investigaciones profundas que incorporen estos resultados, a fin de lograr una intervención directa en el territorio para combatir las inequidades sociales de salud que en él se presentan, y de la mano del desarrollo de estudios multidisciplinarios; que aborden este tópico, con distintas perspectivas relacionadas con la población, políticas públicas, infraestructura, educación, saneamiento, acceso a servicios primarios de salud y de vida, se prime el bienestar para la actual coyuntura y eventos futuros, de los cuales no estamos absueltos.

---

<sup>53</sup> VILLALTA Y PERDOMO, Carlos. Cómo enseñar autocorrelación espacial. En: *Economía, Sociedad y Territorio* [en línea]. Toluca, México: El Colegio Mexiquense, A.C., mayo-agosto de 2005. vol. 5. nro. 18. p. 323-333. [Consultado el 25 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/111/11101804.pdf> ISSN: 1405-8421.

## Bibliografía

ANTON, Jensen. Overview of U.S. domestic response to coronavirus disease 2019 (covid-19). En: COVID-19: Overview, Economic Implications and Federal Response [en línea]. SNOVA, New York. 2021. [Consultado el 25 de octubre de 2021] p. 275. Disponible en: <https://crsreports.congress.gov/product/pdf/R/R46219>.

BBC. Coronavirus en América Latina: ¿cuál es la situación de la pandemia en la región? [sitio web]. Londres, Reino Unido. 2020. [Consultado: 22 de noviembre de 2020] Disponible en: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-america-latina-54177336>.

BUZAI, Gustavo. De la Geografía Médica a la Geografía de la Salud. En: Análisis espacial en geografía de la salud: resoluciones con sistemas de información geográfica. Buenos Aires: Lugar Editorial, 2015. p. 242. ISBN: 978950892496-4.

BUZAI, Gustavo; BAXENDALE, Claudia. Análisis espacial con sistemas de información geográfica. Aportes de la geografía para la elaboración del diagnóstico en el ordenamiento territorial [en línea]. Actas I Congreso Internacional sobre Ordenamiento Territorial y Tecnologías de la Información Geográfica. Alcalá, España. 2010. [Consultado el 16 de octubre de 2021] p.8. Disponible en: <https://bit.ly/363OZqR>. ISBN 978-84-8138-920-3.

CHASCO YRYGOYEN, Coro. Análisis exploratorio de datos espaciales al servicio del geomarketing [en línea]. En: Seminario sobre Nuevas Tecnologías en la Investigación, el Marketing y la Comunicación e-Participación. (2016). p.21. [Consultado el 13 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://silo.tips/download/analisis-exploratorio-de-datos-espaciales-al-servicio-del-geomarketing-1>.

CHASCO YRIGROYEN, Coro. Métodos Gráficos del Análisis Exploratorio de Datos Espaciales [en línea]. En: Anales de economía aplicada, 2003. [Consultado el 15 de octubre de 2021] Disponible en: <https://www.asepelt.org/ficheros/File/Anales/2003%20-%20Almeria/asepeltPDF/93.PDF>. ISBN 84-607-7655-7.

COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE – CEPAL. América Latina ante la crisis del COVID-19: vulnerabilidad socioeconómica y respuesta social [sitio web]. Santiago de Chile, Chile. 2021. [Consultado: 20 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://www.cepal.org/es/publicaciones/46484-america-latina-la-crisis-covid-19-vulnerabilidad-socioeconomica-respuesta-social>.

CROMLEY, Ellen y MCLAFFERTY. Sara. Gis and public health. Estados Unidos: The Guilford Press. 2002. 340 p. ISBN: 1-57230-707-2.

CUARTAS, Daniel *et al.* Análisis espacio-temporal del SARS-coV-2 en Cali, Colombia. En: *Revista de Salud Pública* [en línea]. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, enero-junio de 2020, vol. 22, nro. 2. p. 1-6. [Consultado el: 27 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/revsaludpublica/article/view/86431/75244>. DOI: <https://doi.org/10.15446/rsap.v22n2.86431>

DAHAL, Sushma, MIZUMOTO, Kenji, ROTHENBERG, Richard, CHOWELL, Gerardo. Investigating spatial variability in COVID-19 pandemic severity across 19 geographic areas, Spain, 2020. En: *MedRxiv*. Londres: MedRxiv. 2020. p. 1-34. [Consultado el: 29 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.04.14.20065524v3.full.pdf+html> DOI: <https://doi.org/10.1101/2020.04.14.20065524>

DOCUMENTACIÓN DE QGIS 2.14 [sitio web]. Análisis espacial (interpolación). Estados Unidos. [Consultado el 8 de diciembre de 2021]. Disponible en: [https://docs.qgis.org/2.14/es/docs/gentle\\_gis\\_introduction/spatial\\_analysis\\_interpolation.html](https://docs.qgis.org/2.14/es/docs/gentle_gis_introduction/spatial_analysis_interpolation.html).

FIELDING-MILLER, Rebecca, SUNDARAM, María, BROUWER, Kimberley. Social determinants of COVID-19 mortality at the county level. En: *PLOS One*. San Francisco: Public Library of Science, vol. 15, nro. 10. p. 1-13. [Consultado el: 28 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7340202/pdf/nihpp-2020.05.03.20089698.pdf>. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0240151>

FUENTES, Cesar; 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* [en línea]. Ciudad de México, 2017. vol. 26, nro. 2. p.426. [Consultado el: 17 de octubre de 2021]. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/gpp/v26n2/1405-1079-gpp-26-02-00417.pdf>. E-ISSN 1405-1079.

FUENZALINDA, Manuel; BUZAI, Gustavo; MORENO, Antonio y GARCÍA, Armando. Conceptos fundamentales del análisis espacial que sustentan la investigación científica basada en geotecnologías [en línea]. En: *Geografía, Geotecnología y Análisis Espacial: Tendencias, Métodos y Aplicaciones*. Santiago de Chile: Editorial Triangulo, 2015. [Consultado el 25 de noviembre de 2021] p.189. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/294573009\\_Geografia\\_Geotecnologia\\_y\\_Analisis\\_Espacial\\_Tendencias\\_metodos\\_y\\_aplicaciones](https://www.researchgate.net/publication/294573009_Geografia_Geotecnologia_y_Analisis_Espacial_Tendencias_metodos_y_aplicaciones). ISBN: 978-956-9539-01-5.

GEOINNOVA – Consultoría y formación geoespacial y ambiental [sitio web]. Interpolación mediante distancia inversa (IDW) en QGIS. Pamplona (España). [Consultado el 8 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://geoinnova.org/blog-territorio/interpolacion-mediante-distancia-invera-idw-en-qgis/>.

GOODCHILD, Michael y HAINING, Robert. SIG y análisis espacial de datos: perspectivas convergentes. En: Revista Investigaciones Regionales. [en línea]. Madrid, España: Asociación Española de Ciencia Regional, 2005. p. 175-201. [Consultado el 14 de noviembre de 2021]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/289/28900609.pdf>. ISSN: 1695-7253.

KEARNS, Robin y COLLINS, Damian. Health Geography. En: A companion to health and medical geography. Reino Unido: Blackwell Publishing Ltd., 2010. p. 610. ISBN: 9781444314762.

LAMY, Philippe. El compromiso mundial para actuar sobre los determinantes sociales de la salud [en línea]. En: URBINA, Manuel y GONZÁLEZ, Miguel. La importancia de los determinantes sociales de la salud en las políticas públicas. Cuernavaca, Morelos (México): Instituto Nacional de Salud Pública, 2012. p. 17-19. [Consultado el 15 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://bit.ly/3qowx5e>.

LEVEAU, Carlos. Difusión espacio-temporal de muertes por COVID-19 en Argentina. En: *Revista Panamericana de Salud Pública* [en línea]. Washington: Organización Panamericana de Salud, 2021, vol. 45, nro. 3. p. 1-7. [Consultado el: 28 de diciembre de 2021]. Disponible en:

<https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/53350/v45e32021.pdf?sequence=1&isAllowed=y> DOI: <https://doi.org/10.26633/RPSP.2021.3>

LÓPEZ, Jairo Antonio. Movilización regionalista y nuevos poderes regionales: la fragmentación administrativa del Viejo Caldas y la creación de Risaralda. En: *Sociedad y Economía: Revista de ciencias sociales* [en línea]. Santiago de Cali: Universidad del Valle, enero-junio de 2011. nro. 21. p. 125-145. [Consultado: 13 de octubre de 2021]. Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=99622465002>. ISSN: 1657-6357.

MAYER, Jonathan. Medical Geography. En: A companion to health and medical geography. Reino Unido: Blackwell Publishing Ltd., 2010. p. 610. ISBN: 9781444314762.

MICROSOFT [sitio web]. Estados Unidos. Función VALFECHA. [Consultado el 11 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://support.microsoft.com/es-es/office/funci%C3%B3n-valfecha-df8b07d4-7761-4a93-bc33-b7471bbff252>.

MINISTÉRIO DA SAUDE, FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ. Introdução a estatística espacial para a saúde pública [en línea], Brasília: Ministério da Saude, 2007. p. 120. [Consultado el 15 de diciembre de 2021]. ISBN: 978-85-334-1427-3. Disponible en: [http://www.escoladesaude.pr.gov.br/arquivos/File/TEXTOS\\_CURSO\\_VIGILANCIA/capa\\_citacao\\_e\\_atualizacao\\_em\\_geoprocessamento\\_em\\_saude\\_3.pdf](http://www.escoladesaude.pr.gov.br/arquivos/File/TEXTOS_CURSO_VIGILANCIA/capa_citacao_e_atualizacao_em_geoprocessamento_em_saude_3.pdf).

MUÑOZ, Cristian et al. Mapeo de cobertura terrestre utilizando aprendizaje máquina. En: *Revista de ingeniería: Investigación e Innovación en Ingenierías* [en línea]. Barranquilla, Colombia: Universidad Simón Bolívar, noviembre de 2020. vol. 8, nro. 3. p. 85-101. [Consultado el: 13 de septiembre de 2021]. Disponible en: <http://revistas.unisimon.edu.co/index.php/innovacioning/article/view/4706/5090>. ISSN: 2344-8652.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. Coronavirus. Sinopsis. [sitio web]. Ginebra, Suiza. [Consultado: 27 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://www.who.int/es/health-topics/coronavirus>.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. Covid-19: Cronología de la actuación de la OMS. [sitio web]. Ginebra, Suiza. [Consultado: 30 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news/item/27-04-2020-who-timeline---covid-19>.

ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD [sitio web]. Washington. OPS. Determinantes sociales de la salud. [Consultado el 10 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://www.paho.org/es/temas/determinantes-sociales-salud>.

QUANTUM GIS, QGIS. Descubre QGIS, QGIS - El SIG Líder de Código Abierto para Escritorio [sitio web]. [Consultado el: 14 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://www.qgis.org/es/site/about/index.html>.

RADIO TELEVISIÓN ESPAÑOLA. Mapa del coronavirus en el mundo: casos, muertes y los últimos datos de su evolución. [sitio web]. España. [Consultado: 14 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://www.rtve.es/noticias/20211214/mapa-mundial-del-coronavirus/1998143.shtml>.

RED INTERINSTITUCIONAL DE CAMBIO CLIMÁTICO Y SEGURIDAD ALIMENTARIA COLOMBIA [sitio web]. Colombia. RICCLISA. Quiénes somos - Zona de influencia del programa. [Consultado: 10 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://www.ricclisa.org/index.php/quienes-somos-ricclisa>.

ROSE, Tanith *et al.* Inequalities in COVID19 mortality related to ethnicity and socioeconomic deprivation. En: *MedRxiv*. Londres: MedRxiv, 2020. p. 1-16. [Consultado el: 28 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.04.25.20079491v2.full.pdf+html> DOI: <https://doi.org/10.1101/2020.04.25.20079491>

THE CENTER FOR SPATIAL DATA SCIENCE. GeoDa: An introduction to spatial data analysis [sitio web]. Chicago, 2021. [Consultado el: 18 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://spatial.uchicago.edu/geoda>.

VALBUENA, Ana y RODRIGUEZ, Laura. Análisis espacial en epidemiología: revisión de métodos. En: *Revista de la Universidad Industrial de Santander* [en línea]. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, octubre-diciembre de 2018. vol. 50, nro. 4. p. 358-365. [Consultado el 14 de noviembre de 2021]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/suis/v50n4/0121-0807-suis-50-04-358.pdf>.  
Doi: <http://dx.doi.org/10.18273/revsal.v50n4-2018009>.

VILLALTA Y PERDOMO, Carlos. Cómo enseñar autocorrelación espacial. En: *Economía, Sociedad y Territorio* [en línea]. Toluca, México: El Colegio Mexiquense, A.C., mayo-agosto de 2005. vol. 5, nro. 18. p. 323-333. [Consultado el 25 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/111/11101804.pdf>. ISSN: 1405-8421.