

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

Description of the spatial distribution of cases and deaths from COVID-19 in the Alto Cauca

Descrição da distribuição espacial de casos e óbitos por COVID-19 na bacia do Alto Cauca

David Fernando Núñez Fernández

Geógrafo. Universidad del Valle, Cali, Colombia. david.nunez@correounivalle.edu.co | 0000-0003-4646-8058

Daniel Elías Cuartas Arroyave

PhD en Ciencias Ambientales. Universidad del Valle, Cali, Colombia.
daniel.cuartas@correounivalle.edu.co | 0000-0002-5677-4326

Para citar este artículo: Núñez, D y Cuartas, D. (2023). Descripción de la distribución espacial de casos y defunciones por COVID-19 en la cuenca del Alto Cauca-UCRB. *Entorno Geográfico*, (26), e22213018. <https://doi.org/10.25100/eg.v0i26.13018>

Resumen

El propósito de este artículo es caracterizar la relación entre los determinantes sociales de la salud y la distribución geográfica de casos de COVID-19 en los municipios de la Cuenca Alta del río Cauca. Para lograr este objetivo, se realizó un análisis exploratorio de datos espaciales, que incluyó tasas de mortalidad y casos por COVID-19, así como un análisis temporal de la difusión espacial que comprende el período desde 6 de marzo de 2020 hasta el 26 de junio de 2021, todo a partir de datos del Instituto Nacional de Salud (INS). Los resultados muestran que la concentración de casos y defunciones por COVID-19, junto con los determinantes sociales de la salud, tienden a concentrarse en las áreas más pobladas, como la zona del viejo Caldas, el centro del Valle del Cauca, la zona metropolitana de Cali y el sur del Cauca. Además, se concluye que la concentración de municipios es resultado de la relación directa entre los determinantes sociales de la salud y la incidencia de casos de COVID-19.

Palabras clave: análisis espacial, COVID-19, determinantes sociales de la salud, sistemas de información geográfica y salud pública



Abstract

The purpose of this article is to characterize the relationship between social determinants of health and the geographical distribution of COVID-19 cases in the municipalities of the Upper Basin of the Cauca River. To achieve this objective, an exploratory spatial data analysis was conducted, including mortality rates and COVID-19 cases, as well as a temporal analysis of spatial diffusion that includes the period from March 6, 2020 to June 26, 2021, all based on data from the National Institute of Health (INS). The results show that the concentration of COVID-19 cases and deaths, along with the social determinants of health, tend to be concentrated in the most populated areas, such as the old Caldas area, the center of the Valle del Cauca, the metropolitan area of Cali and the south of Cauca. In addition, it is concluded that the concentration of municipalities is the result of a direct relationship between the social determinants of health and the incidence of COVID-19 cases.

Keywords: spatial analysis, COVID-19, social determinants of health, geographic information systems and public health

Resumo

O objetivo deste artigo é caracterizar a relação entre os determinantes sociais da saúde e a distribuição geográfica dos casos de COVID-19 nos municípios da Bacia Alta do rio Cauca. Para alcançar esse objetivo, foi realizada uma análise exploratória de dados espaciais, que incluiu taxas de mortalidade e casos de COVID-19, bem como uma análise temporal da difusão espacial compreendendo o período de 6 de março de 2020 a 26 de junho de 2021, com base em dados do Instituto Nacional de Saúde (INS). Os resultados mostram que a concentração de casos e óbitos por COVID-19, junto com os determinantes sociais da saúde, tende a se concentrar nas áreas mais populosas, como a região do velho Caldas, o centro do Valle del Cauca, a zona metropolitana de Cali e o sul do Cauca. Conclui-se, ainda, que a concentração de municípios está relacionada diretamente aos determinantes sociais da saúde e à incidência de casos de COVID-19.

Palavras-chave: análise espacial, COVID-19, determinantes sociais da saúde, sistemas de informação geográfica e saúde pública

Recibido: 25 de enero de 2023

Aceptado: 19 de abril de 2023

Publicado: 1 de julio de 2024

1. Introducción

La enfermedad por coronavirus (COVID-19) es una enfermedad infecciosa causada por el virus SARS-CoV-2 de gravedad moderada a leve que afecta múltiples sistemas corporales, la cual tuvo su brote inicial en 2019 en Wuhan, China (World Health Organization, 2020) Rápidamente se propagó por todo el país y después al resto del mundo, y en 2020 la Organización Mundial de la Salud declaró una pandemia. Muchos países entraron en cuarentena y adoptaron protocolos y medidas de bioseguridad. Actualmente, se están llevando a cabo investigaciones en diversos campos para entender su comportamiento, mutaciones, variantes, distribución y otros aspectos.

De acuerdo con lo anterior, en el marco de esta investigación se resalta la importancia del estudio de la difusión de enfermedades en relación con la geografía de la salud, la cual es crucial para entender los patrones de distribución de las enfermedades y su impacto en la población, especialmente durante pandemias como la del COVID-19. Comprender la relación entre los factores sociales de la salud y distribución espacial de enfermedades permitirá tomar medidas preventivas y de control más efectivas, así como mejorar la planificación y organización de servicios de salud y recursos.

Por lo tanto, este documento recopila y analiza información sobre los casos y defunciones por COVID-19 en la cuenca alta del río Cauca, y cómo se distribuyen espacialmente en el territorio. Asimismo, se investiga cómo los determinantes sociales de la salud pueden influir en la distribución de casos en el área de estudio. Se utilizaron fuentes de información secundarias como el Instituto Nacional de Salud (INS) y el Departamento Nacional de Estadística (DANE). La investigación se basó principalmente en un análisis exploratorio de datos espaciales (AEDE), que incluye análisis de asociación espacial, análisis de tendencia espacial y análisis de concentración espacial. Estos procesos fueron posibles gracias al uso de softwares de sistemas de información geográfica.

Además, gracias a esta investigación, se logró comprender la distribución de casos y defunciones de COVID-19 en los 83 municipios de la Cuenca Alta del río Cauca (CARC) desde el 6 de marzo de 2020 hasta el 26 de junio de 2021. Se identificaron conglomerados de tasa de casos y mortalidad en zonas específicas como el viejo Caldas en Quindío, la franja central del Valle del Cauca, la zona metropolitana de Santiago de Cali y el sur de la CARC en el departamento del Cauca. También se realizó un análisis de difusión espacial en el tiempo y se describió la distribución espacial de los

determinantes sociales de la salud en el área de estudio y su relación con la ocurrencia de casos de COVID-19.

2. Marco Teórico - Conceptual

Geografía de la Salud

La humanidad ha enfrentado la propagación de enfermedades desde siempre, ejemplo de ello es la época de la conquista y las migraciones, se estima que desde la llegada de Cristóbal Colón hasta 1620, aproximadamente 100 millones de indígenas murieron debido a diferentes epidemias (Buzai, 2015). Además, la peste negra afectó Europa central entre 1691 y 1709. Sin embargo, uno de los primeros usos de los mapas como herramienta de análisis espacial para la salud fue durante una epidemia de cólera en Londres en 1854, gracias a la observación y superposición de mapas por parte de John Snow (distribución espacial y cantidad de casos) con epicentro en la bomba de agua de Broad Street (Buzai, 2015). Estas observaciones, apoyadas por la correspondencia espacial, llevaron al retiro de la bomba de agua y a una disminución notable de la epidemia de cólera (Buzai, 2015).

Desde entonces, los mapas sociales también han sido utilizados para reflejar la distribución de las clases y los determinantes sociales que contribuyen a la ocurrencia y difusión de las enfermedades (Buzai, 2015). En este sentido, la Geografía de la Salud busca mostrar estos factores geográficos, más allá de la mera cartografía de la ocurrencia de enfermedades. En la segunda mitad del siglo XX, la revolución cuantitativa en Geografía permitió la aplicación de métodos cuantitativos y la búsqueda de modelos y leyes científicas que permitió una mejor comprensión de la distribución espacial de las enfermedades (Buzai, 2015). La epidemia del SIDA ejemplificó la importancia de considerar la interacción social en la propagación de enfermedades, y esta perspectiva también se aplica al COVID-19. Sin embargo, es importante destacar que los determinantes sociales de la salud también influyen en la vulnerabilidad de las personas a contraer enfermedades.

Determinantes sociales

Los determinantes sociales de la salud son factores externos e interdependientes que influyen en la salud y el bienestar de las personas. Es preciso señalar el concepto de pendiente social, el cual indica que a medida que descendemos por la escala social, se

acorta la esperanza de vida y se vuelven comunes la mayoría de las enfermedades, es decir, que las personas que viven en los peldaños más bajos suelen estar sometidas, como mínimo, a un doble riesgo de padecer enfermedades graves y muertes prematuras que las personas que viven más cerca de los peldaños superiores (World Health Organization, 2003). Estos factores incluyen el acceso a la educación, el ingreso, la vivienda, el empleo, la seguridad alimentaria y el acceso a servicios de salud de calidad. Estos determinantes sociales están estrechamente relacionados con las desigualdades sociales y económicas y tienen un impacto significativo en la salud de las personas (World Health Organization, 2003).

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) (2017, párr. 1), los determinantes sociales de la salud son "condiciones en las que las personas nacen, crecen, viven, trabajan y envejecen", e "incluyen la distribución del ingreso, la calidad de la vivienda, la accesibilidad a servicios de salud, la educación y los medios de vida". La OMS sostiene que los determinantes sociales de la salud son cruciales para entender y abordar las desigualdades en la salud a nivel global (World Health Organization, 2017).

Difusión espacial

La difusión espacial se refiere a la propagación de un fenómeno de un lugar a otro y su progreso en el tiempo e implica la interacción entre las dimensiones espacial y temporal. Es un concepto que hace referencia a la propagación de los eventos o hechos en el territorio, involucrando, a la vez, variables de espacio y tiempo, supone la proliferación de efectos, y por ello implica a hechos cuyos resultados se expanden en un ámbito o ambiente determinado (Leveau, 2021).

En el estudio de la salud pública, es importante para comprender la propagación de enfermedades infecciosas y desarrollar estrategias efectivas para prevenirlas, la identificación de patrones y tendencias en la difusión espacial puede ayudar a predecir y prevenir futuras epidemias, mediante modelos teóricos o matemáticos; o las técnicas de estadística espacial o geoestadística (Ramírez, 2012). La importancia de conocer cómo se difunden en el territorio las enfermedades radica en poder tomar medidas anticipadas a su posible aparición en lugares específicos, se trata así de estudios predictivos que son útiles en planificación sanitaria (Ramírez, 2012).

3. Métodos

Área de estudio

El área de estudio corresponde a la CARC, la cual se encuentra localizada entre la zona del eje cafetero y la zona del suroccidente de Colombia. La CARC tiene una superficie aproximada de 23.000 km², con un 32% en el departamento del Cauca, 47% en el Valle, 13% en Risaralda y 8% en Quindío. En esta investigación se consideraron 83 municipios distribuidos en cinco departamentos: 33 en el Valle del Cauca, 22 en el Cauca, 12 en Quindío, 9 en Risaralda y 6 en Caldas. La CARC incluye ciudades de la región andina que concentran gran población, como Cali, Armenia, Pereira y Popayán.

Además, la Cuenca Alta del Río Cauca alberga aproximadamente el 10,89% de la población total de Colombia, cerca de 5.480.000 habitantes. Esta zona ha sido relevante económicamente, especialmente debido al cultivo del café, lo que ha impulsado el crecimiento de centros de acopio en ciudades como Manizales, Pereira y Armenia, formando el eje cafetero. También ha tenido un gran desarrollo agropecuario, principalmente por el cultivo de caña de azúcar (López, 2011).

Manejo de datos

La estructura metodológica y el manejo de datos se realizó de la siguiente manera: primero, se obtuvieron datos de fuentes secundarias a partir del INS y del REDATAM¹ del DANE; segundo, se construyeron bases de datos a partir de los datos recolectados; tercero, se calcularon las tasas de mortalidad y número de casos en los municipios de la Cuenca Alta del río Cauca; cuarto, se llevó a cabo un análisis de difusión espacial en el tiempo a través de un programa de manejo de sistemas de información geográfica con un método de interpolación de Distancia Inversa Ponderada (IDW); quinto, se caracterizó espacialmente los diferentes determinantes sociales de la salud; y por último, se realizó un análisis exploratorio de datos espaciales de las tasas de mortalidad y número de casos.

Fuentes de casos y determinantes sociales

¹ REDATAM es una herramienta que permite consultar y descargar información estadística a nivel nacional, departamental y municipal, según la selección de variables de su facilitando el procesamiento, análisis y disseminación web de la información de censos, encuestas, registros administrativos, indicadores nacionales/regionales y otras fuentes de datos.

Los datos obtenidos para la investigación provienen de dos fuentes: primero, la página web del INS, que registra los casos históricos de COVID-19; para esta investigación se tomó el período desde el 6 de marzo de 2020 hasta el 26 de junio de 2021 (Instituto Nacional de Salud, 2021), momento en el que aún no se había aplicado ninguna vacuna en Colombia. Con esta fuente, se identificó el número de casos y defunciones por COVID-19 en el país, filtrados primero por departamentos y luego por municipios de la CARC. Segundo, el REDATAM del DANE, que proporciona datos del Censo Nacional de Población y Vivienda de 2018 (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2018), que fueron utilizados para caracterizar los determinantes sociales de la salud.

En la investigación, se destacan cuatro variables importantes: Personas sin aseguramiento de salud, adultos mayores de 60 años, población por etnias y población con trabajo informal. Para ellas, se realizará una cartografía temática, que incluirá información sobre el origen y significado de cada variable, así como una descripción y una relación con la ocurrencia de COVID-19 en el área de estudio.

Difusión Espacial

Se utiliza la construcción de las bases de datos como apoyo para analizar el proceso de difusión del COVID-19 en la CARC. El período de tiempo que se considera es desde marzo de 2020 hasta junio de 2021 y se seleccionan los diez primeros casos de cada uno de los 83 municipios de la CARC. Con el objetivo de identificar el proceso de difusión de tiempo en el área de estudio, se realiza un análisis espacial con el método de IDW.

Este trabajo se lleva a cabo a través del promedio de las fechas de reporte de inicio de síntomas de los diez primeros casos de cada municipio. Los datos de los reportes se encuentran en un formato de fecha de Microsoft Excel, que se debe convertir a un formato numérico. Luego, estos datos numéricos se utilizan en un software de sistemas de información geográfica para el proceso de IDW, que producirá una capa ráster en formato “.tiff”. Finalmente, la capa se corta en un geoproceso con la forma del área de estudio y se establece una paleta de colores adecuada en la simbología para visualizar el proceso de difusión en la CARC.

Tasas de casos y mortalidad

La determinación de las tasas de casos y mortalidad en los municipios de la CARC se realiza con el objetivo de medir la proporción de casos y fallecimientos de COVID-19 en relación con la población total. Para ello, se definen como el resultado de dividir el número de casos y defunciones por la población total y multiplicar el resultado por un número constante múltiplo de 10. Una tasa alta de mortalidad puede interpretarse como la cantidad de muertes en relación con el número total de personas en una población. Además, estos datos serán utilizados para llevar a cabo los análisis del AEDE, lo que permitirá identificar localizaciones anómalas, patrones de asociación y estructuras espaciales en la distribución de COVID-19.

Índice 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 la entidad geográfica. 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 (Fuentes et al., 2017).

Análisis Exploratorio de Datos Espaciales

El Análisis Exploratorio de Datos Espaciales (AEDE) es un grupo de herramientas estadístico-gráficas que se utilizan para describir y visualizar las distribuciones espaciales de una variable. En este caso, se utilizará para analizar la tasa de casos y mortalidad por COVID-19 en los municipios de la CARC. A través del AEDE, se identificarán localizaciones atípicas, formas de asociación y estructuras espaciales de la distribución de la tasa de casos y mortalidad. Además, se determinarán la autocorrelación y la heterogeneidad espacial, permitiendo identificar tres elementos importantes: la tendencia espacial, la dependencia espacial y la concentración o atípicos espaciales (Chasco, 2013).

4. Resultados

Distribución de casos, tasa de fallecidos

De acuerdo con el análisis de tendencia espacial en el AEDE para la tasa de fallecidos por COVID-19, se identificó una fuerte heterogeneidad en la franja central del departamento del Valle del Cauca. Esta heterogeneidad se puede observar en los municipios de Tuluá, Buga, El Cerrito, Palmira y la zona metropolitana de Santiago de Cali, donde se agrupan altos a muy altos niveles de mortalidad (representados por el color naranja y marrón oscuro respectivamente) en la Figura 1.

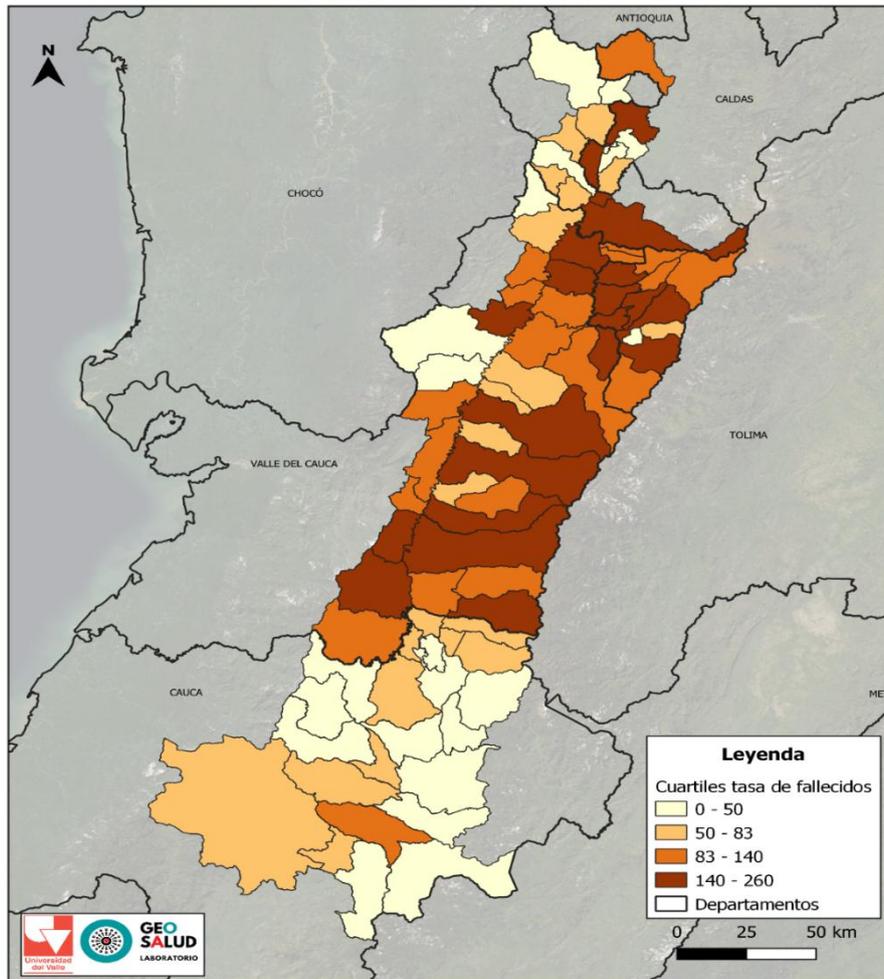


Figura 1. Tendencia espacial de la tasa de fallecidos por el total de la población por COVID-19 en cuartiles en la Cuenca Alta del río Cauca

Fuente: Elaboración propia, 2021

En relación con el análisis de dependencia espacial, se utilizó el diagrama de I de Moran Local Univariante como herramienta estadística. Según la Figura 2 obtenida con el software de análisis de datos espaciales, se encontró una autocorrelación positiva con un valor de asociación de 0.366. Es importante destacar que un valor cercano a 1 o -1 indica una fuerte correlación positiva o negativa, respectivamente.

Los resultados del diagrama de I de Moran destacan que, en el cuadrante II, los municipios con una tasa alta de fallecidos por COVID-19 tienen vecinos con una tasa alta de fallecidos. Por otro lado, en el cuadrante III, los municipios con una tasa baja de fallecidos tienen vecinos con una tasa baja de fallecidos. En el cuadrante I y IV, los

municipios con valores bajos de tasa de fallecidos están rodeados de municipios con valores altos de tasa de fallecidos, y viceversa.

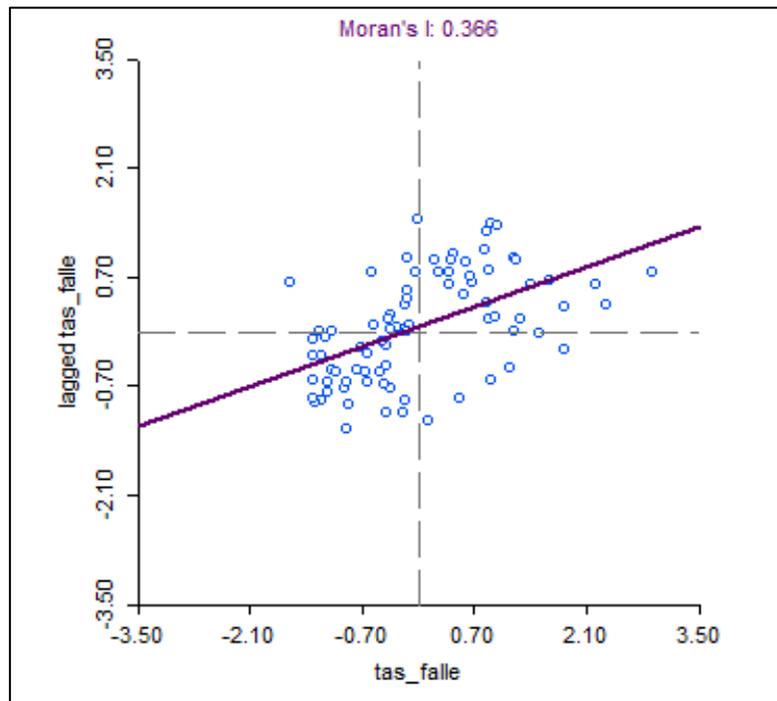


Figura 2. I. de Moran Local Univariante - Tasa de mortalidad

Fuente: Elaboración propia, 2021

En relación con el análisis de concentración espacial, se utilizó un software de Sistemas de Información Geográfica para crear un mapa de conglomerados, este categoriza de manera automática los conglomerados de correlación en niveles de alto-alto, bajo-bajo, bajo-alto y alto-bajo, de acuerdo con los datos ingresados. Este mapa destaca las ubicaciones significativas en función de la ubicación del valor y su retraso espacial en el diagrama de dispersión de Moran.

La Figura 3 muestra que los grupos de alta tasa de fallecidos están agrupados en color rojo oscuro en la franja central del Valle del Cauca (Yumbo, Candelaria y Palmira) y en el norte de la CARC, mientras que los grupos de baja tasa están agrupados en color azul oscuro en el sur del departamento del Cauca. Además, los valores atípicos bajos-altos se encuentran en color azul claro en el límite del Quindío (Salento), mientras que los valores atípicos altos-bajos se encuentran en el sur (Popayán) y en el norte en Risaralda (Riosucio y Viterbo). En el mapa de significancia, que se encuentra al lado del mapa de conglomerados, se muestran los valores más significativos del Índice Local de Moran

en colores verdes para los municipios que tienen una auto correlación significativa y en color gris para aquellos que no tienen una auto correlación.

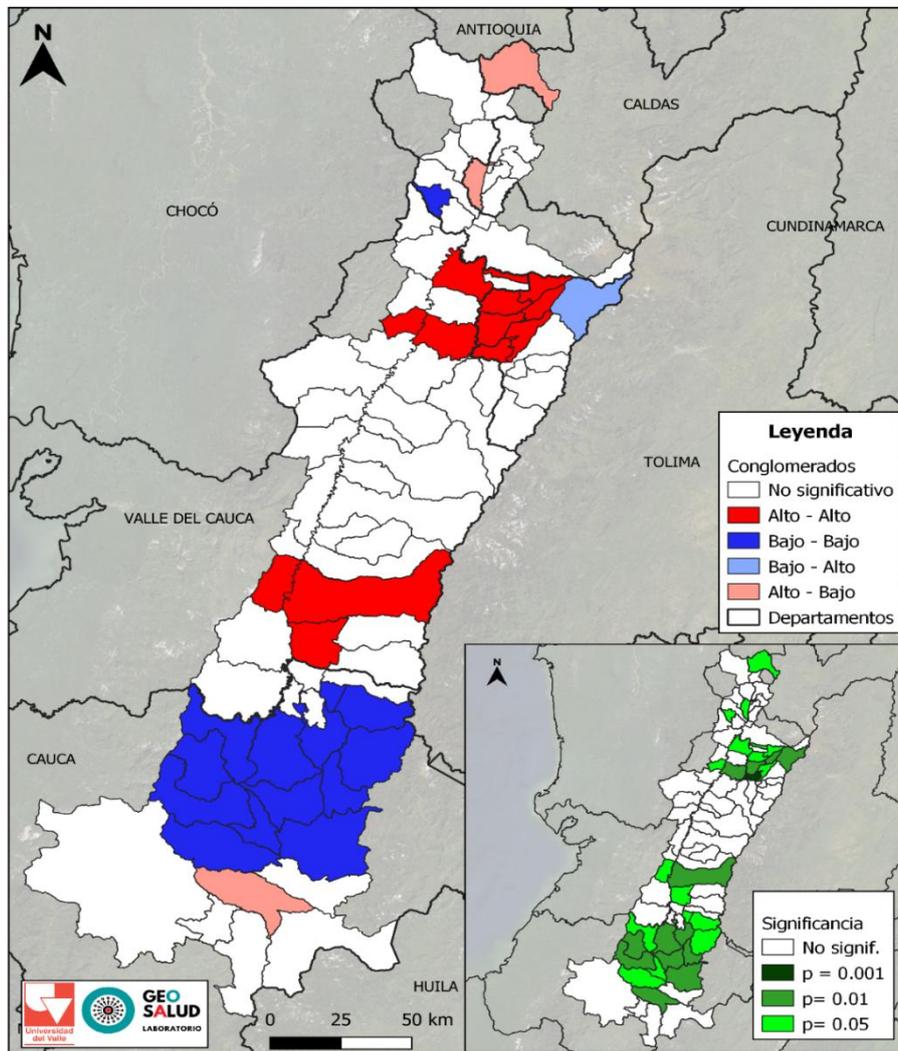


Figura 3. Autocorrelación espacial de conglomerados y significancia de la tasa de fallecidos por el total de la población por COVID-19 en la Cuenca Alta del río Cauca

Fuente: Elaboración propia, 2021

Distribución de casos, tasa de casos

En cuanto al análisis de la dependencia espacial, el diagrama de I de Moran Local Univariante presentó una autocorrelación positiva con un valor de asociación del 0,301, según se muestra en la Figura 4. Este diagrama destaca que en el cuadrante II están los municipios que tienen una tasa de casos alta y vecinos con tasas de contagios altas. En el cuadrante III se encuentran los municipios con tasas de casos bajas y vecinos con tasas de contagios bajas. Mientras que en los cuadrantes I y IV están los municipios con tasas bajas rodeados de vecinos con tasas altas y viceversa.

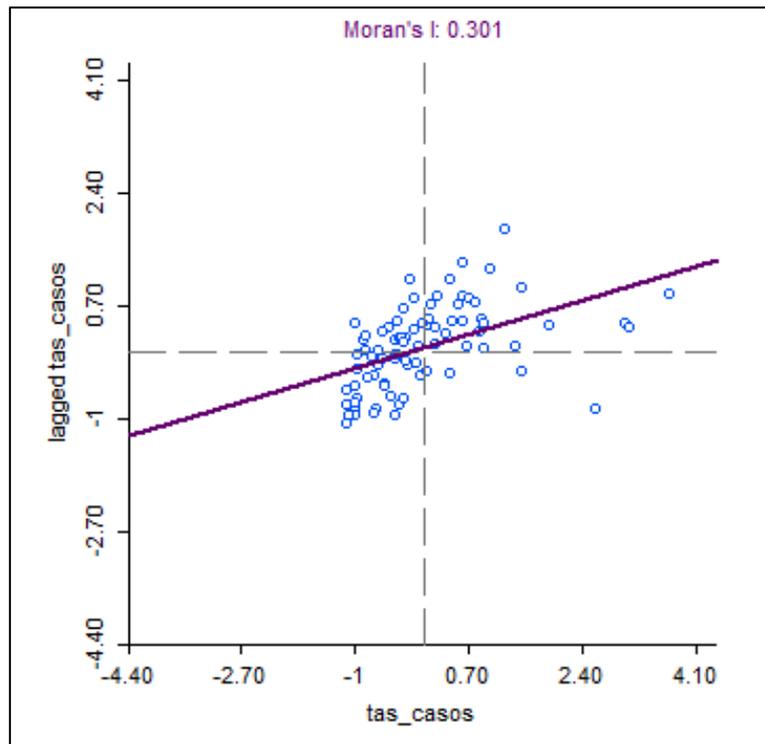


Figura 4. I. de Moran Local Univariante - Tasa de casos

Fuente: Elaboración propia, 2021

En el análisis de la tendencia espacial de la tasa de casos de COVID-19, según el AEDE, se identificó una heterogeneidad fuerte en la franja central del Valle del Cauca. La Figura 5 muestra clústeres de altos a muy altos niveles de tasa de casos en tonos oscuros de color rojo en la zona metropolitana de Santiago de Cali hasta el norte de la cuenca y en el departamento de Quindío y Valle del Cauca. Por otro lado, en el sur de la CARC se encuentran grupos con valores bajos de tasa de casos, identificados en tonos rosados. También se identificaron algunos municipios con valores medios a altos de tasa de casos, y algunos con valores bajos, identificados en color blanco.

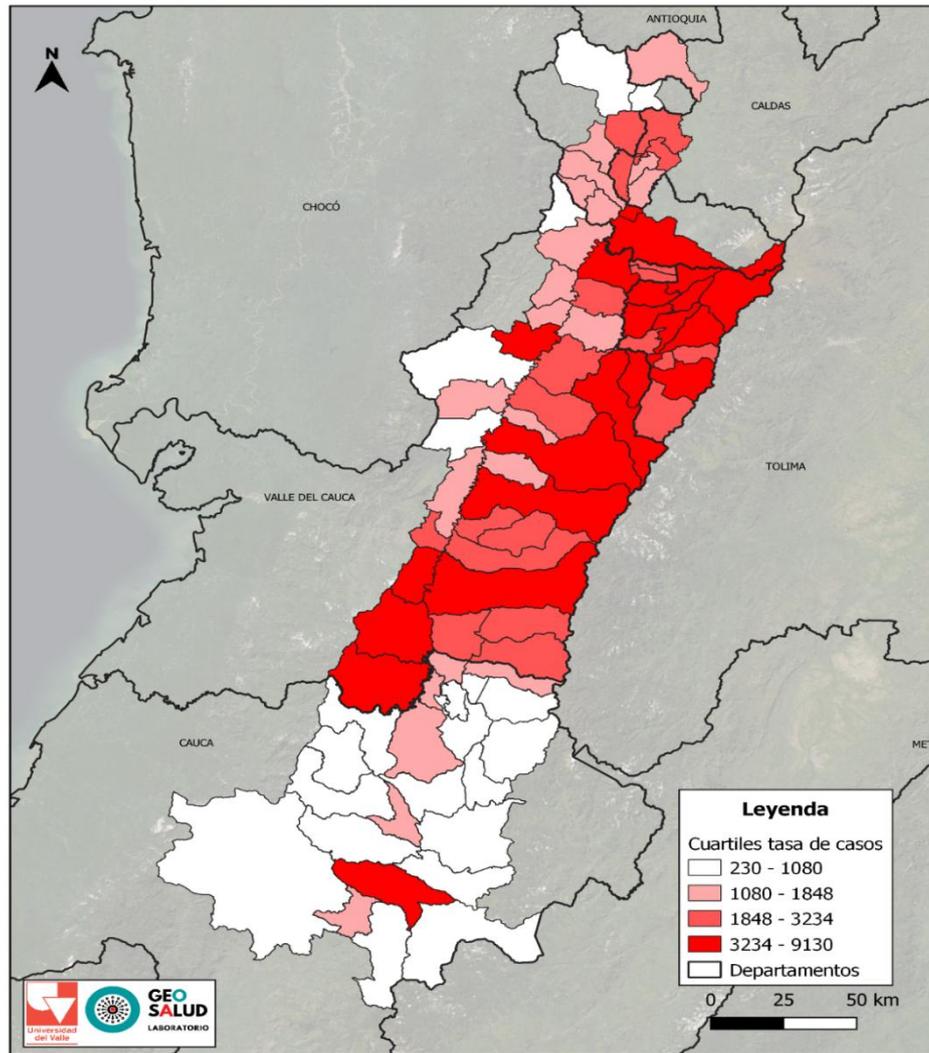


Figura 5. Tendencia espacial de la tasa de casos por el total de la población de COVID-19 en cuartiles en la Cuenca Alta del río Cauca

Fuente: Elaboración propia, 2021

Para el análisis de concentración espacial de la tasa de casos, 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. Se identificó en la Figura 6, que se agrupan grupos altos-altos con color rojo oscuro, ubicados en el norte de la CARC, en la zona del antiguo Caldas en el departamento de Quindío y un municipio en la franja central del Valle del Cauca, el municipio de Yumbo, los grupos bajos-bajos con color azul oscuro, ubicados en un gran conglomerado en el sur de la cuenca en el departamento del Cauca, los valores atípicos bajos-altos con color azul claro, contiguamente al conglomerado de valores alto-alto en el norte de la CARC, este municipio es Ulloa y los valores atípicos altos-bajos, en el sur

de la cuenca (Popayán). En el mapa de significancia; en un costado dentro del mapa de conglomerados, muestra los valores del índice local de Moran más significativos, en colores verdes están los municipios que están auto correlacionados significativamente, en color gris los que no tienen auto correlación.

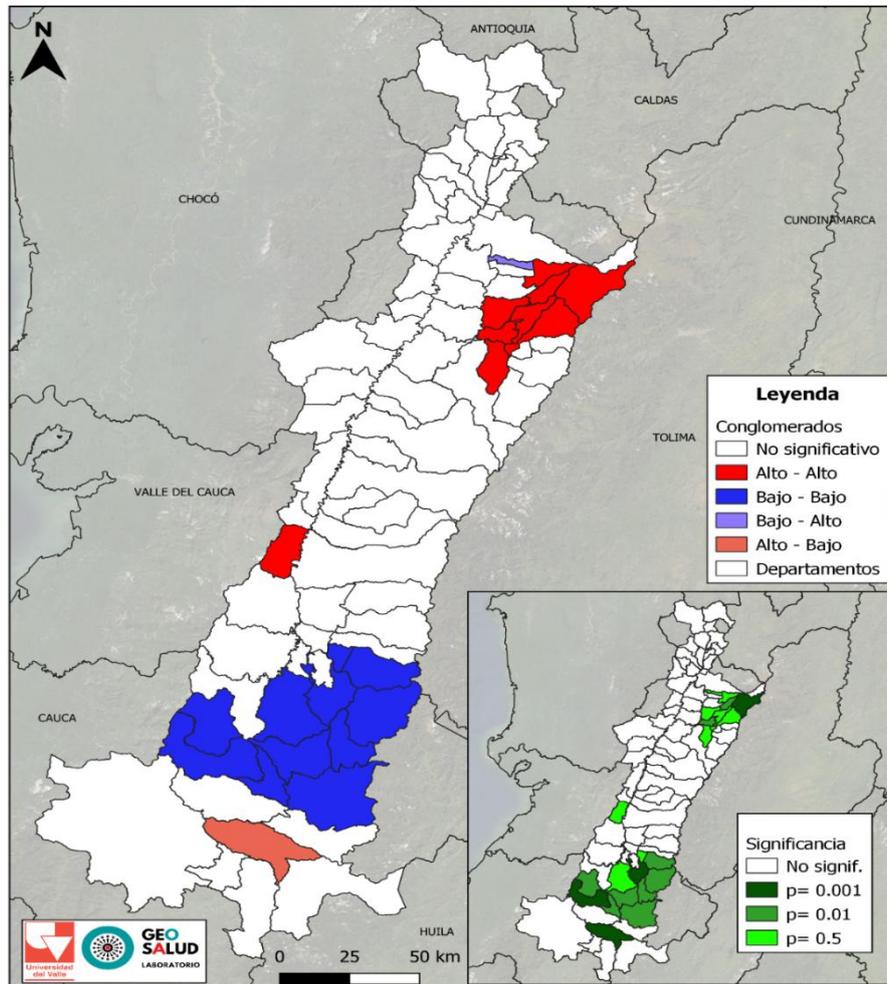


Figura 6. Autocorrelación espacial y significancia de conglomerados de la tasa de casos por el total de la población por COVID-19 en la Cuenca Alta del río Cauca

Fuente: Elaboración propia, 2021

Difusión espacial

El proceso de difusión espacial de los contagios de COVID-19 comenzó en torno al 26 de abril de 2020, como se puede observar en la Figura 7. Esta se identifica con un color marrón y muestra diferentes zonas marcadas por regiones, como la franja central del Valle del Cauca, con la zona metropolitana de Santiago de Cali, Palmira, Buga y Tuluá; el departamento del Cauca con los municipios de Caloto y Popayán, y el norte del Valle

con Cartago y la zona del Antiguo Caldas en Pereira y Armenia. Además, se puede ver cómo los tonos marrones más fuertes se vuelven más claros, lo que refleja el proceso de difusión espacial en el tiempo desde el 26 de abril hasta el 1 de junio de 2020.

Por su parte, los tonos verdes desde claros hasta oscuros representan las zonas de contagio que se presentaron desde el 15 de junio hasta el 16 de julio de 2020. Se identifican zonas en el norte de la CARC, en el departamento de Risaralda y Caldas, y en el sur en el departamento del Cauca. Esto indica que estas zonas tardaron aproximadamente tres a cuatro meses en tener contagios, a diferencia de la zona metropolitana de Santiago de Cali. Con tonalidades más claras a oscuras, se presentaron diferentes casos hasta llegar a las zonas más alejadas, como los últimos municipios en presentar contagios, tanto en el norte como en el sur de la CARC, 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.

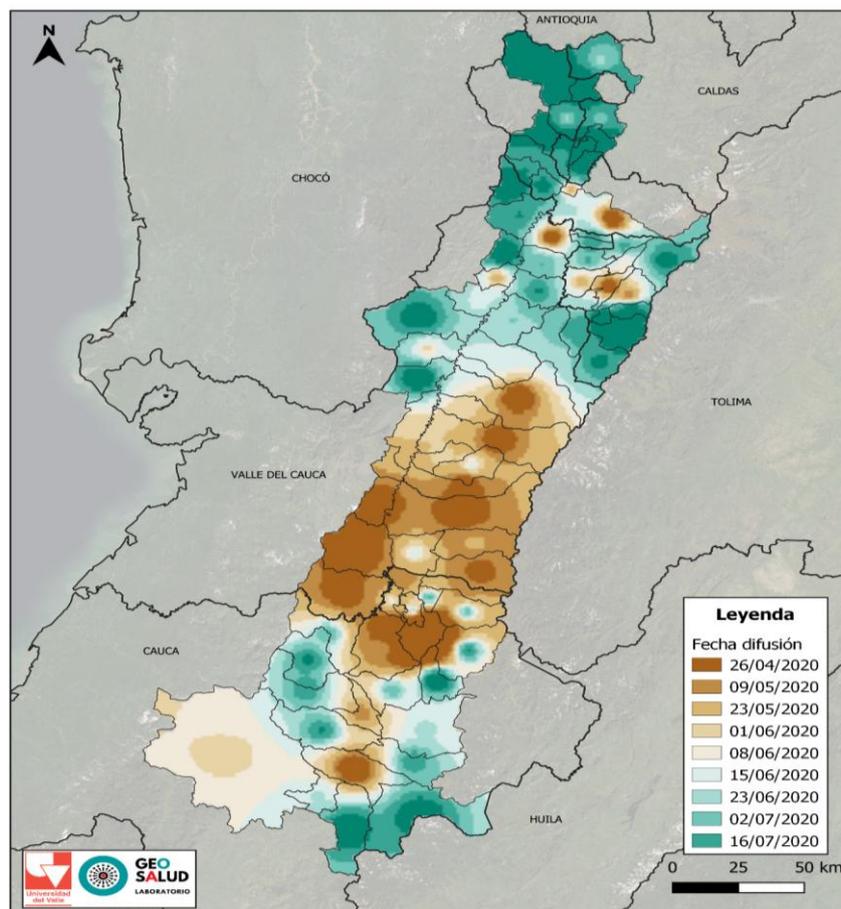


Figura 7. Difusión espacial de COVID-19 en la Cuenca Alta del río Cauca

Fuente: Elaboración propia, 2021

Descripción y distribución de los determinantes sociales de la salud

Teniendo en cuenta lo planteado acerca de 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 (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2018), a través de diferentes variables ya establecidas por el Censo, se incluyeron en un sistema de información geográfica, lo que permitió desarrollar una cartografía temática que describe los datos sobre el origen, significado de cada variable y su relación con la ocurrencia de COVID-19 en el área de estudio.

En total, se crearon 4 mapas temáticos que analizan diferentes variables sociodemográficas a escala municipal, incluyendo:

1. La falta de seguridad social en salud (Ver Figura 8).
2. La población de adultos mayores de 60 años (Ver Figura 9).
3. La población por etnias (Ver Figura 10).
4. La población con trabajo informal (Ver Figura 11).

A continuación, se describirá cada mapa temático de los determinantes sociales de la salud en detalle.

Sin aseguramiento a seguridad social en salud

La variable de "sin aseguramiento a seguridad social en salud" es de vital importancia para 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. La variable se incluyó en un sistema de información geográfica y se desarrolló una cartografía temática que explica los datos sobre el origen y significado de esta variable.

En esta cartografía, se puede observar que la distribución y comportamiento de la variable de es de manera aleatoria en gran parte de la cuenca. Sin embargo, en la zona sur del departamento del Cauca, hay un grupo de municipios, como Morales, Sotará, Popayán, Silvia, Cajibío y Jámalo, que tienen una clasificación alta, con una tasa que oscila entre el 18,8% y el 25,3% de personas sin aseguramiento a seguridad social en salud. También hay un grupo similar en el norte del Valle del Cauca, limitando con el departamento de Quindío, en los municipios de Zarzal, La Victoria, Montenegro y

Quimbaya. Además, hay un pequeño grupo en el departamento de Risaralda en el extremo norte de la cuenca.

Es importante destacar que la falta de aseguramiento a seguridad social en salud representa una fuerte barrera para el acceso a atención médica en caso de enfermedad, incluido COVID-19, y puede representar un alto grado de vulnerabilidad en la población.

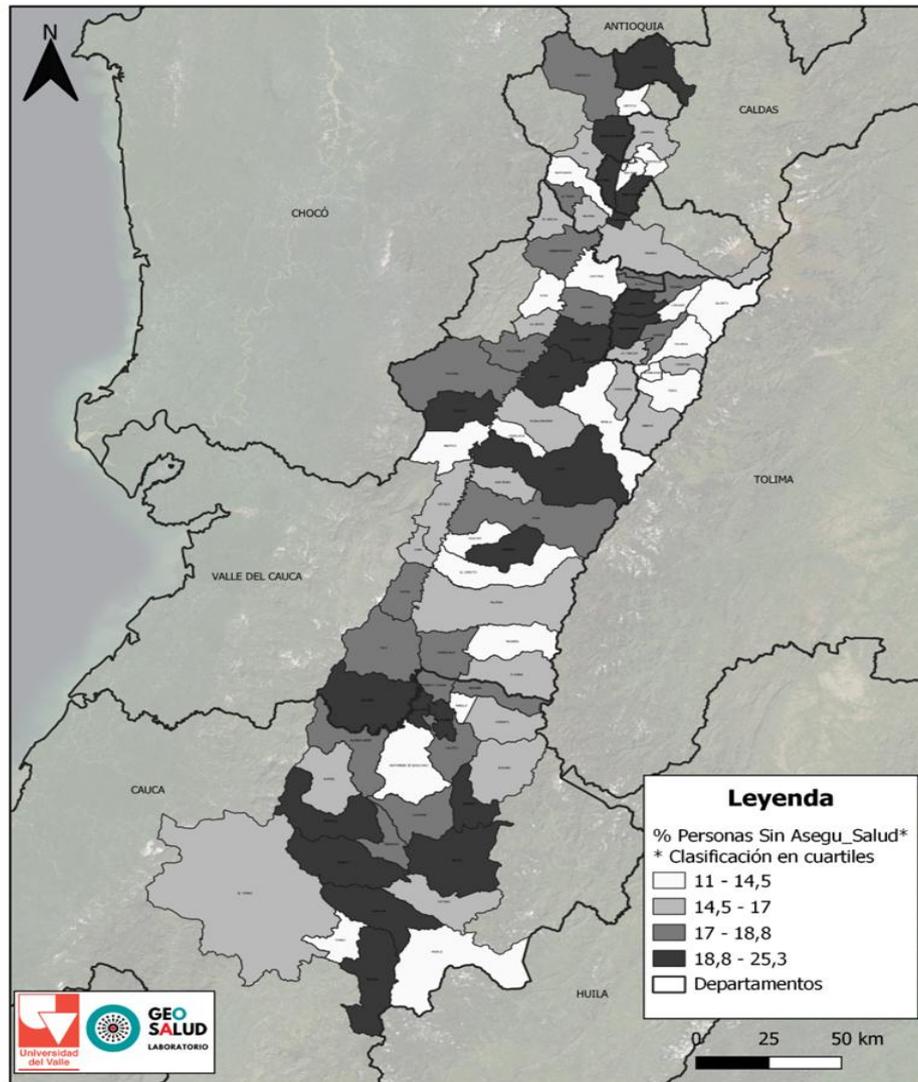


Figura 8. Porcentaje de personas sin aseguramiento a salud en la Cuenca Alta del río Cauca

Fuente: Elaboración propia, 2021

Adultos mayores de 60 años

La variable de adultos mayores de 60 años se define como la proporción de personas mayores de 60 años en relación con el total de la población por sección censal. Esta

variable es importante en el contexto de COVID-19, ya que permite conocer el porcentaje de personas mayores de 60 años en cada municipio, que son más susceptibles a contraer la enfermedad.

En la cuenca alta, el comportamiento espacial de esta variable muestra que los municipios de Totoró, Silvia, Santander de Quilichao, Caldono, Jámalo y Guachené en el sur del departamento del Cauca tienen el mayor porcentaje, que varía entre 18,5% y 22,8% respecto al total de población. Además, la ciudad de Cali también presenta un alto porcentaje. En la zona norte de la cuenca en el departamento de Risaralda, los municipios de Balboa, El Águila, Santuario, Viterbo y San José también tienen un alto porcentaje. Por último, en la franja central del Valle del Cauca, la distribución es aleatoria, entre el 7,8% y el 18,5%.

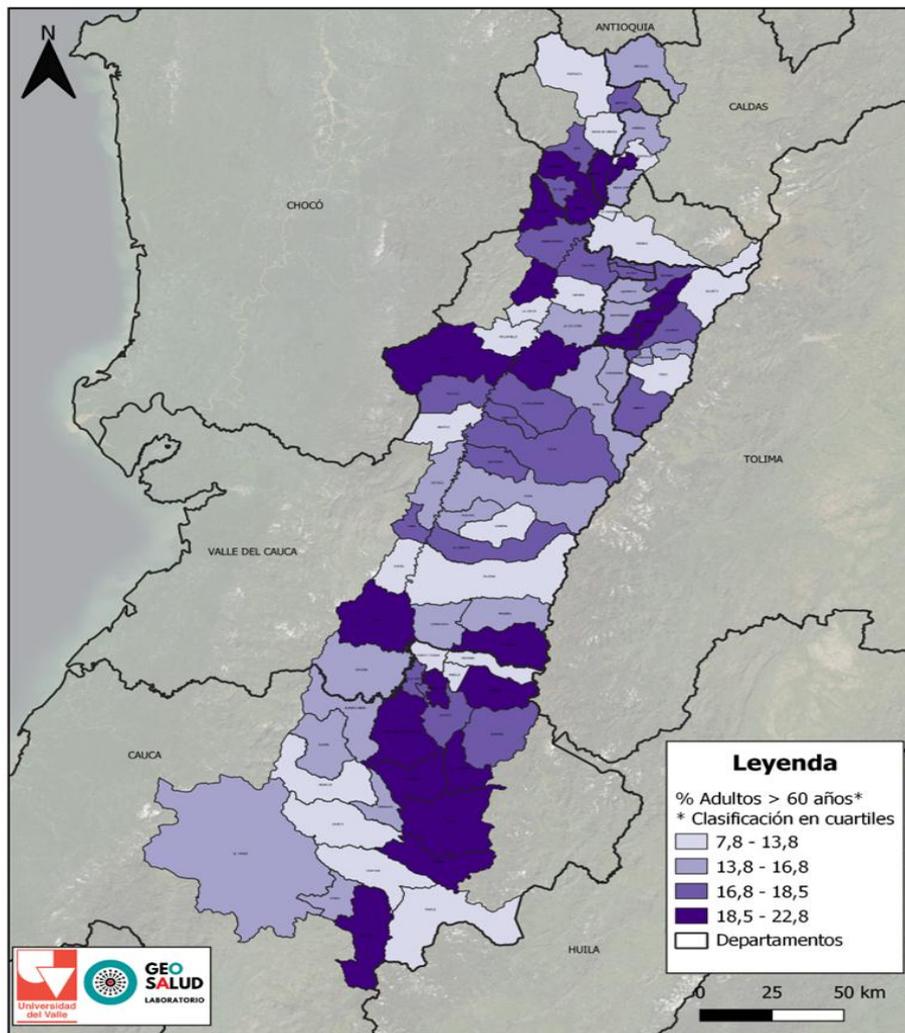


Figura 9. Porcentaje de adultos mayores de 60 años en la Cuenca Alta del río Cauca

Fuente: Elaboración propia, 2021

Población por etnias

La variable "Población por etnias" se refiere al porcentaje de personas que se identifican con características culturales y territoriales de un grupo poblacional determinado, tales como negro, mulato, afrodescendiente y afrocolombiano. Según la CEPAL, estos grupos presentan peores indicadores de bienestar que los no afrodescendientes y son uno de los más vulnerables ante la pandemia, tanto en términos de infección como de mortalidad.

En cuanto a la distribución de esta variable, se puede observar una concentración de personas afrodescendientes en una zona compuesta por municipios de la cuenca alta, ubicada entre los departamentos del Cauca y Valle, con porcentajes que van del 5,56% al 95,44%. Además, en la zona sur de la cuenca en los departamentos del Cauca y en la zona norte de los departamentos de Risaralda y Quindío, los porcentajes de población afrodescendiente son muy bajos.

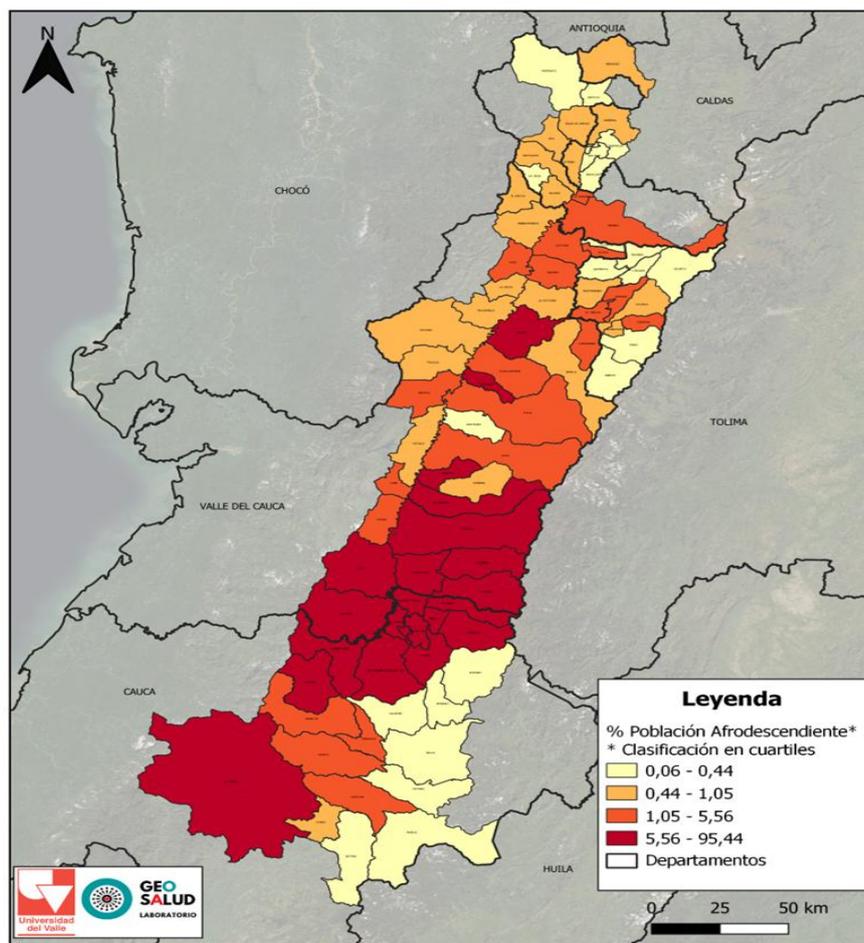


Figura 10. Porcentaje de población afro en la Cuenca Alta del río Cauca

Fuente: Elaboración propia, 2021

En resumen, la variable "Población por etnias" refleja una realidad compleja y desigual en cuanto a la distribución geográfica y a los indicadores de bienestar y salud de las personas afrodescendientes en Colombia.

Población con trabajo informal

La variable "Población con trabajo informal" se refiere a la proporción de la Población Económicamente Activa (PEA) que trabaja sin cotizar a fondos de pensiones. Según esta variable, una gran cantidad de personas trabajan de manera informal y no tienen un ingreso estable, lo que les obliga a salir a trabajar cada día, aumentando el riesgo de contagio.

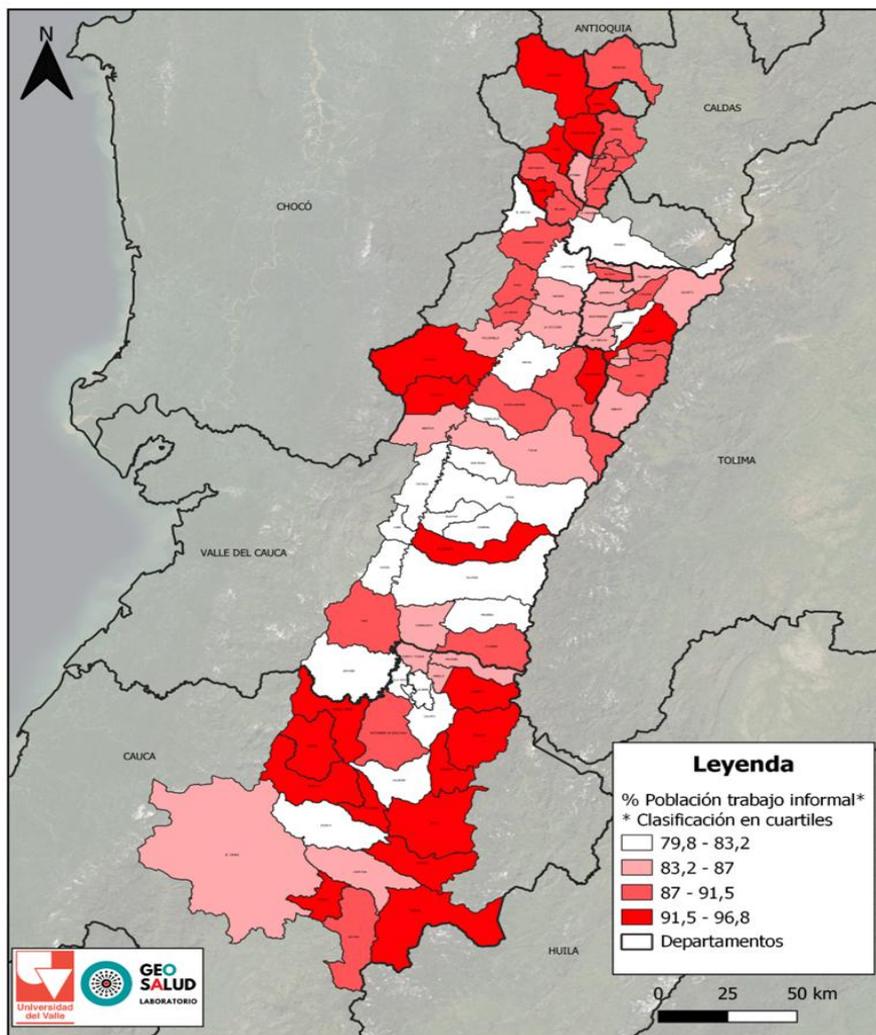


Figura 11. Porcentaje de la población con trabajo informal en la Cuenca Alta del río Cauca

Fuente: Elaboración propia, 2021

En cuanto a la distribución del trabajo informal en la cuenca, se encuentra concentrado en el sur, en el departamento del Cauca, donde se encuentran municipios como Puracé, Totoró, Silvia, Piendamó, Morales, Suarez, Jámalo, Toribio, Corinto y Buenos Aires, así como también en la zona norte, en los departamentos de Risaralda y Caldas. En algunos municipios ubicados en la parte central, entre los departamentos de Quindío y Valle del Cauca, también existen altos porcentajes de trabajo informal.

A pesar de que el porcentaje de trabajo informal en todos los municipios es considerablemente alto, con valores que fluctúan entre el 79,8% y el 96,8%, es importante destacar que más de la mitad de la población de cada municipio se encuentra en esta situación. Con excepción del municipio de El Cerrito, se encuentra un grupo de municipios en la franja central del Valle del Cauca con la clasificación más baja en esta variable.

5. Discusión

En esta investigación, mediante los distintos análisis del AEDE, se demostró que existe una concentración de conglomerados de la tasa de casos y mortalidad en la CARC en diferentes zonas. Esta concentración está relacionada a factores que inciden en la ocurrencia de COVID-19, los cuales fueron identificados como determinantes sociales de la salud. Además, se demostró una autocorrelación directa entre los municipios vecinos con niveles altos-altos y niveles bajos-bajos de tasas de mortalidad y casos, lo que conforma diferentes conglomerados por regiones a lo largo del área de estudio.

Contrastando los resultados con otros estudios en diferentes países, se encontró una variabilidad en los factores asociados con un mayor riesgo de mortalidad. En Estados Unidos, se identificó un mayor riesgo de mortalidad en condados asociados con un alto porcentaje de población en situación de pobreza (Fielding-Miller et al., 2020). Por otro lado, en Inglaterra, se encontró que el riesgo y el incremento de la tasa de mortalidad estaban asociados con entidades territoriales que contaban con una mayor proporción de residentes de minorías étnicas o BAME² y bajos ingresos (Rose et al., 2020). Además, en España, los resultados mostraron que tres variables eran significativas en la incidencia de COVID-19: tamaño de la población, densidad de población y tasa de desempleo (Dahal et al., 2020). En general, se puede concluir que los factores que

² BAME Groups, en inglés: Black, Asian, and minority ethnic, es un término común usado en el Reino Unido.

inciden en la ocurrencia del virus están asociados con determinantes sociales de la salud, en especial con el tamaño y la densidad de la población, las condiciones socioeconómicas y el acceso a servicios básicos.

Además, los resultados de la investigación mostraron que los métodos utilizados permitieron identificar con precisión los posibles conglomerados de municipios que tienen una alta o baja incidencia de casos y defunciones por COVID-19. También se identificó el proceso de propagación del nuevo coronavirus en la CARC desde abril a julio de 2020, destacándose la propagación en las zonas con mayor actividad económica o poblacional y con determinantes sociales de la salud, como la zona metropolitana de Santiago de Cali, compuesta por Cali, Yumbo y Jamundí, y su expansión hacia el interior de los municipios cercanos en la franja central del Valle del Cauca, así como en 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, la presente investigación se destaca el análisis debido a la ventana de tiempo más amplia, ya que se abarcó 1 año y 4 meses desde el inicio de los reportes de casos, desde el 6 de marzo hasta el 26 de junio de 2021. En contraste, estudios como "Difusión espacio-temporal de muertes por COVID-19 en Argentina" (Leveau, 2021) han utilizado una ventana de tiempo más corta de 7 meses, lo que les permitió identificar aproximadamente 10 conglomerados a nivel nacional y obtener resultados considerados aún preliminares debido a la continua propagación del virus hacia el interior del país durante ese período. Esto sugiere que, con una ventana de tiempo más larga, se podrían obtener resultados más sólidos en un análisis de distribución espacial.

Por otro lado, al comparar con otros estudios con objetivos y metodologías similares, como el artículo "Análisis espaciotemporal del SARS-coV-2 en Cali, Colombia" (Cuartas et al., 2020), se reconoce que este 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" (Cuartas et al., 2020, p. 139). Esto permitió la organización, planificación y ejecución efectiva de los cercos epidemiológicos, medidas de bioseguridad por zonificación y toma de decisiones en los puntos calientes de contagio identificados en la ciudad de Cali.

Teniendo en cuenta lo anterior, se puede señalar como limitación del estudio que, al analizar una escala mayor, se enfrenta un panorama complejo para la toma de decisiones, en comparación con el artículo de (Cuartas et al., 2020) que se enfoca en una escala de ciudad. No obstante, la identificación de los distintos conglomerados sugiere que la inclusión de este y futuros estudios pueden ser una herramienta valiosa para la toma de decisiones y la cooperación entre municipios y entidades gubernamentales a nivel departamental. Esto incluiría acciones conjuntas entre la salud pública y el bienestar para hacer frente a esta pandemia de COVID-19 y futuras crisis similares.

6. Conclusiones

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 del Cauca.

Se obtuvieron resultados positivos en la identificación de agrupaciones espaciales de altas y bajas tasas de mortalidad y casos en las zonas mencionadas anteriormente, así como en la validación de una autocorrelación espacial entre los municipios con estos niveles. Esto está directamente relacionado con la Primera Ley de la Geografía de Tobler, que afirma que todo está relacionado con todo lo demás, pero las cosas cercanas están más relacionadas que las cosas distantes (Villalta, 2005). Este fenómeno se ve reflejado en la zona metropolitana de Santiago de Cali y en la zona norte del antiguo Caldas, donde se encuentran ciudades como Armenia y Pereira, que son centros de actividades económicas y dinámicas poblacionales. Además, el trabajo actual brindó una comprensión general de la situación socioeconómica de los municipios con altas tasas de casos y defunciones, al realizar los mapas temáticos con las diferentes variables asociadas a los determinantes sociales de la salud, y la conocida relación que existe entre ellos, la incidencia de casos y la distribución de COVID-19 está condicionada, describiéndose una incidencia mayor en aquellas zonas más deprimidas o con peores condiciones socioeconómicas (Antoñanzas & Gimeno, 2022).

En vista de los resultados obtenidos, es fundamental llevar a cabo investigaciones más profundas que utilicen estos hallazgos como base, con el objetivo de abordar de manera

efectiva las desigualdades sociales en materia de salud en el territorio en cuestión. Estas investigaciones deben ser multidisciplinarias y abordar el tema desde diversas perspectivas, incluyendo la población, las políticas públicas, la infraestructura, la educación, el saneamiento, el acceso a servicios de salud y de vida básicos, para asegurar el bienestar de la población en la actualidad y en el futuro. Debemos estar preparados para enfrentar eventos similares a COVID-19.

7. Agradecimientos

A la Universidad del Valle y Universidad de Newcastle de Inglaterra por la alianza para la realización de esta investigación.

8. Referencias Bibliográficas

- Antoñanzas, A., & Gimeno, L. (2022). Los determinantes sociales de la salud y su influencia en la incidencia de la COVID.19. Una revisión narrativa. *Revista Clínica de Medicina de Familia*, 15(1), 12-19.
- Buzai, G. (2015). *Análisis espacial en geografía de la salud: resoluciones con sistemas de información geográfica*. Lugar editorial.
- Chasco, C. (2013). Métodos Gráficos del Análisis Exploratorio de Datos Espaciales. *Anales de Economía Aplicada*, (1–25). Madrid, España: Asociación Española de Economía Aplicada, Asepelt. <https://bit.ly/42hON1I>
- Cuartas, D., Arango, D., Guzmán, G., Muñoz, E., Caicedo, D., Ortega, D., Fandiño, A., Mena, J., Torres, M., Barrera, L., & Méndez, F. (2020). Análisis espacio-temporal del SARS-coV-2 en Cali, Colombia. *Revista de Salud Pública*, 22(2), 138–143. <https://doi.org/10.15446/rsap.v22n2.86431>
- Dahal, S., Mizumoto, K., Rothenberg, R., & Chowell, G. (2020). Investigating spatial variability in COVID-19 pandemic severity across 19 geographic areas, Spain, 2020. *MedRxiv*, 1–34. <https://doi.org/10.1101/2020.04.14.20065524>

Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2018). *Censo Nacional de Población y Vivienda del año 2018*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística <https://bit.ly/3HVpM4i>

Fielding-Miller, R., Sundaram, M., & Brouwer, K. (2020). Social determinants of COVID-19 mortality at the county level. *PLOS ONE*, *15*(10), e0240151. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0240151>

Fuentes, C. y Sánchez, O. (2017). 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. Gestión y Política Pública*, *26*(2), 417–451.

Instituto Nacional de Salud. (2021). *Boletines Casos COVID-19 Colombia*. Instituto Nacional de Salud. <https://bit.ly/41oqHkP>

Leveau, C. (2021). Difusión espacio-temporal de muertes por COVID-19 en Argentina. *Panam Salud Publica*, *45*, 1–7. <https://doi.org/10.26633/RPSP.2021.3>

López, J. (2011). Movilización regionalista y nuevos poderes regionales: la fragmentación administrativa del Viejo Caldas y la creación de Risaralda. *Revista Sociedad y economía*, (21), 125–145. <https://bit.ly/3NTClki>

Ramírez, L. (2012). Morbilidad en la Provincia del Chaco (2000-2007): aproximación a la distribución, dispersión y difusión de las principales causas de enfermedad de la población. *ESCENARIOS VULNERABLES DEL NORDESTE ARGENTINO* (230-258). Chaco, Argentina: Agencia, Conicet, Universidad Nacional del Nordeste. <https://bit.ly/44MC7kZ>

Rose, T. C., Mason, K., Pennington, A., McHale, P., Buchan, I., Taylor, D. & Barr, B. (2020). Inequalities in COVID19 mortality related to ethnicity and socioeconomic deprivation. *MedRxiv*, 1–16. <https://doi.org/10.1101/2020.04.25.20079491>

Villalta, C. (2005). Cómo enseñar autocorrelación espacial. *Economía, Sociedad y Territorio*, V(18), 323–333. <https://bit.ly/3VQy431>

World Health Organization. (2003). *Social determinants of health. The solid facts*. (Ministerio de Sanidad y Consumo, Ed.). Regional Office for Europe of the World Health Organization. <https://bit.ly/3MarAci>

World Health Organization. (2017, February 03). *Determinants of health*. World Health Organization. <https://bit.ly/3MeZYTr>

World Health Organization. (2020). *Coronavirus*. World Health Organization. <https://bit.ly/3HVwmrF>

Procedencia del artículo: Trabajo de grado en modalidad de informe de pasantía, el cual fue realizado en el marco del proyecto *La naturaleza desigual de la pandemia COVID-19: Una evaluación de la seguridad hídrica en la cuenca del Alto Cauca*, llevado a cabo en la alianza entre la Universidad del Valle de Colombia y la Universidad de Newcastle de Inglaterra.