

Análisis espaciotemporal de las dinámicas del Covid-19 en la ciudad de Bogotá desde su introducción hasta agosto del 2020

Spatiotemporal analysis of the dynamics of Covid-19 in the city of Bogotá from its introduction until August 2020

Mateo Martínez Bocanegra

Universidad Nacional de Colombia, Colombia

matmartinezboc@unal.edu.co

Recibido: 25/01/21. Aprobado: 22/09/21. Publicado (en línea): 31/12/2021.

RESUMEN

Los sistemas de información geográfica se han posicionado como una de las herramientas más útiles para visualizar, modelar y analizar información epidemiológica, permitiendo la toma de decisiones con base al análisis de los datos espaciales presentes en producciones cartográficas. Este artículo planea analizar datos espaciales del comportamiento de la pandemia de Covid-19 en la ciudad de Bogotá durante los primeros seis meses. Así mismo evaluará factores tales como la vulnerabilidad al contagio de la población ciudadana, y cerrará con una herramienta-propuesta que facilite la toma de decisiones durante la epidemia.

PALABRAS CLAVE: Epidemiología; Covid-19; SIG; vulnerabilidad; difusión.

ABSTRACT

Geographic information systems have become one of the most useful tools to visualize, model and analyze epidemiological information. Allowing decision-making based on the analysis of spatial data present in cartographic productions. This article plans to analyze spatial data on the behavior of the Covid-19 pandemic during the first six months in the city of Bogotá. Likewise, it will evaluate factors such as the vulnerability to contagion of the citizen population and will close with a tool-proposal that facilitates decision-making during the epidemic.

KEYWORDS: Epidemiology; Covid-19; GIS; vulnerability; dissemination.

INTRODUCCIÓN

La distribución y difusión de enfermedades infecciosas es un proceso explícitamente espaciotemporal, no solo los casos y las muertes exhiben distribuciones irregulares a través del espacio y del tiempo, sino que el proceso de contagio en sí mismo se mueve a través de áreas a medida que el virus se siembra y se expande en ubicaciones particulares que pueden ser más o menos susceptibles en función a variables demográficas y económicas (Chinazzi et al., 2020). El principio de autocorrelación espacial, también conocido como la primera ley de la geografía juega un papel fundamental a la hora de determinar el movimiento en el espacio de una enfermedad, pues el mismo considera que todas las cosas están relacionadas entre sí, pero las cosas más próximas en el espacio tienen una relación mayor que las distantes. De esta manera, los lugares cercanos adquieren más probabilidades de experimentar tasas de infección similares debido a la proximidad y el aumento de los lazos sociales y culturales (Arthur et al., 2017). Considerando dichos principios los sistemas de información geográfica han sido empleados de forma constante para realizar seguimiento y modelamiento al comportamiento espacial de la pandemia de COVID-19, convirtiendo a los métodos espaciales en una fuente indispensable para la toma de decisiones de los servicios de salud (Franch-pardo et al., 2020).

Una de las propiedades más importantes de las epidemias es su propagación, una característica que depende principalmente del mecanismo de la epidemia, la movilidad humana y la estrategia de control (Gross et al., 2020). Así pues, la dinámica espacial de una pandemia correspondería a la interacción de tres clases de poblaciones: los susceptibles o vulnerables al contagio, los infectados, y los recuperados o ya inmunes al contagio (Reiner et al., 2020). Ahora bien, el factor social se consolida como una variable fundamental para entender la posibilidad de contagio de ciertas poblaciones y su vulnerabilidad, entendiéndose esta última como el riesgo del individuo a presentar contagio, y así mismo, contar con una alta susceptibilidad al virus. De esta forma, espacios en los que se evidencien condiciones de vida en hacinamiento, falta de servicios de salud pública, acceso limitado a herramientas de comunicación, y dependencia del transporte público, transforman a su población residente (que en su mayoría es de bajos recursos), en población con mayor riesgo de contagio (Gibson & Rush, 2020).

El COVID-19 es una enfermedad infecciosa causada por el síndrome respiratorio agudo grave coronavirus 2 (SARS-COV-2) que se originó en diciembre de 2019 en Wuhan, China, una metrópoli con una población de más de 11 millones de habitantes, el brote proliferó rápidamente en todo el mundo y fue declarado una pandemia en unos meses (Ivan & Machado, 2020). En el momento de

revisión de este artículo (13 de octubre del 2021), el SARS-COV-2 ha infectado aproximadamente a 219 millones de personas y ha causado más de 4.5 millones de muertes. La epidemia de covid-19 dio inicio en Colombia el viernes 6 de marzo del 2020 cuando se confirmó el primer caso en el país. Ya los primeros pacientes habían sido reportados, dos semanas atrás, en Brasil, y poco después en Ecuador y Panamá. Como era de esperar, a los casos importados se fue agregando la transmisión local (Rosselli, 2020). Para la fecha (2 de diciembre del 2020), Bogotá cuenta con un total de 377 mil casos reportados y un total de 8570 muertes. Es por ello que surge la necesidad de espacializar y analizar el comportamiento que ha experimentado la epidemia de

Covid-19 en la ciudad, con el objetivo de apoyar la toma de decisiones.

OBJETIVO GENERAL:

Realizar un análisis de la distribución y difusión del Covid-19 en la ciudad de Bogotá en los primeros seis meses desde su introducción, a través del uso de sistemas de información geográfica.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Localizar las zonas de Bogotá que cuentan con mayor población vulnerable al SARS-COV2.

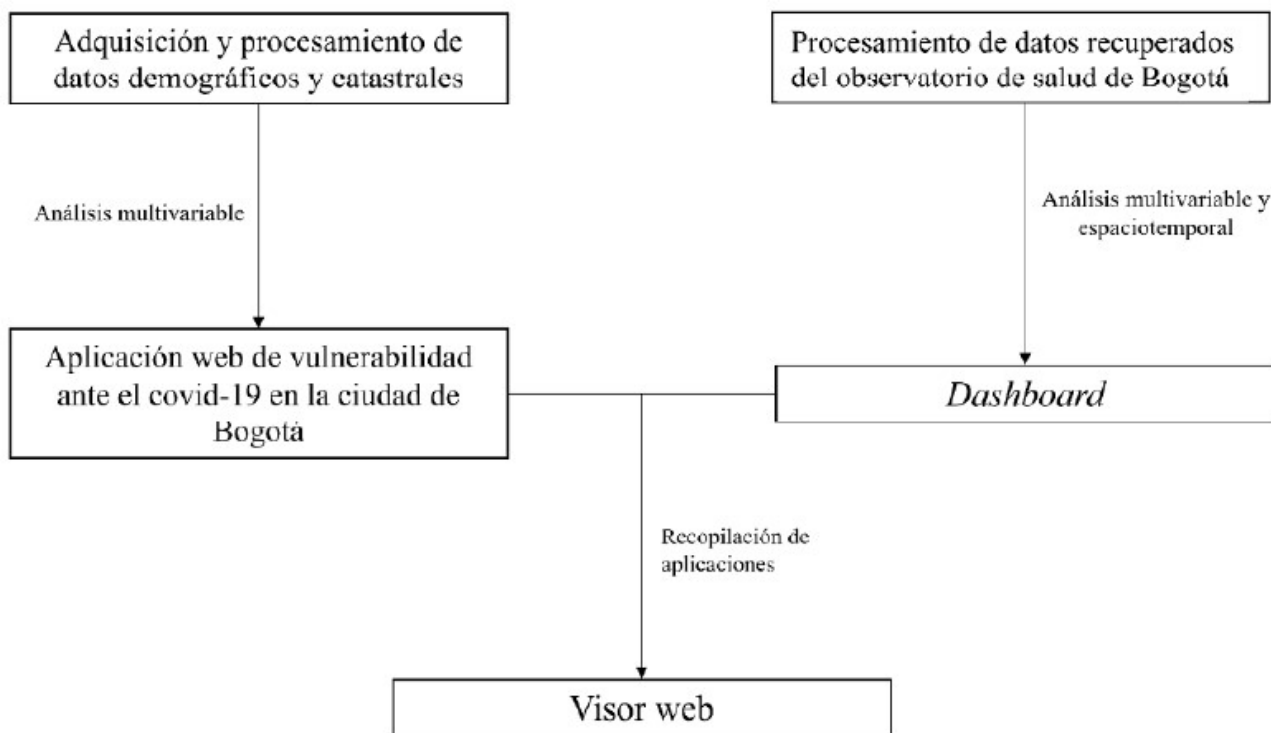


Figura 1. Esquema metodológico.

- Identificar las dinámicas que pueden explicar el comportamiento de dispersión del Covid-19 en Bogotá.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo constó de tres etapas; una primera donde se realizó la adquisición y procesamiento de datos de carácter demográfico y catastral fijando como objetivo la producción de una aplicación web de vulnerabilidad ante el covid-19 en la ciudad de Bogotá. Una segunda donde se realizó la adquisición y procesamiento de datos enfocados en un estudio multitemporal con el fin de analizar el comportamiento espaciotemporal de la pandemia en la ciudad, dando como resultado la producción de un *dashboard*¹ que permite la visualización y análisis de los datos, para facilitar la toma de decisiones por parte de las autoridades competentes. Finalmente se articularon las dos primeras etapas en la creación de un visor web que permita a los usuarios interactuar con los resultados obtenidos, y a través de una propuesta de georreferenciación y actualización dinámica de datos para evaluar el nivel de vulnerabilidad de la zona de residencia de los casos de contagio.

Para la primera etapa se definió como escala de manejo la figura catastral de manzana, obteniendo el *shape* de la base de datos del marco geostadístico

¹ Un *Dashboard* es un tablero de control que permite graficar, visualizar e interactuar con los datos recopilados.

colombiano. Para la ejecución del grado de vulnerabilidad por manzana, se recurrió a las bases de datos de vulnerabilidad ante el COVID-19 del DANE (DANE, 2020), donde se consideraron las siguientes variables:

1. Densidad poblacional manzana: es la razón entre el número de personas efectivamente censadas.
2. Y el área en metros cuadrados .
3. Proporción de personas de 60 años o más.
4. Proporción de hogares en hacinamiento en cuartos.
5. Proporción de hogares en hacinamiento en dormitorios.
6. Proporción de hogares en riesgo intergeneracional alto.
7. Proporción de hogares en riesgo intergeneracional medio.
8. Proporción de personas con diagnóstico de hipertensión.
9. Proporción de personas con diagnóstico de diabetes.
10. Proporción de personas con diagnóstico de cardiopatía isquémica.
11. Proporción de personas con diagnóstico de enfermedades pulmonares crónicas.
12. Proporción de personas con diagnóstico de cáncer.

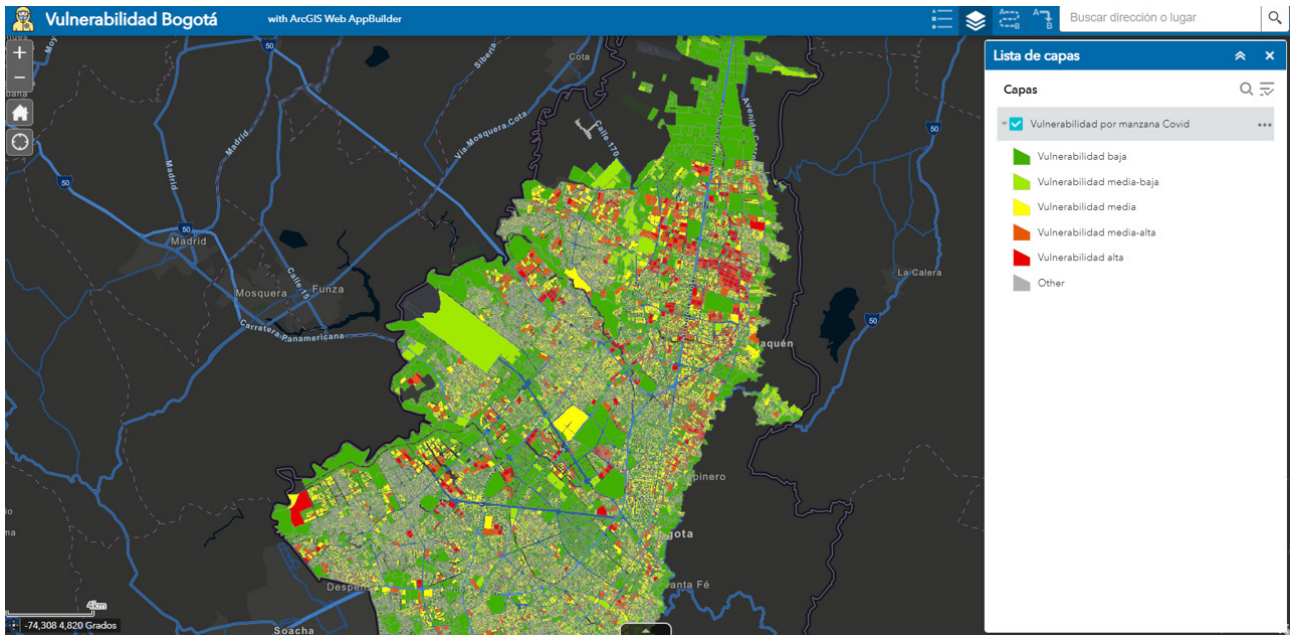


Figura 2. Mapa de vulnerabilidad ante el Covid-19 en Bogotá. (Martinez, 2020).

<https://geomatimartin.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=a170foeb74ae454fboeb02d694a1e306>

13. Número de Personas mayores de 60 años que viven en hogares unipersonales.

14. Número de Personas mayores de 60 años que viven en hogares familiares.

Para determinar el nivel de ordinalidad de los clúster seleccionados y de esta forma asignar un nivel de vulnerabilidad, se emplean los centroides de cada una de las manzanas, entendiéndose al centroide como el punto construido desde los valores X, y Y, siendo calculado por medio del centro medio ponderado de todas las partes del polígono (McGrew et al., 2010) En primer lugar, se obtiene el valor máximo de cada una de las variables en cada centroide, se

asigna una etiqueta, se cuenta el número de máximos en cada uno de los grupos, y por último se establece que el grupo con mayor vulnerabilidad es el grupo con mayor número de máximos; en caso de presentar empate se resuelve de forma aleatoria. Para determinar el siguiente nivel de vulnerabilidad, se excluye el grupo seleccionado anteriormente y se repite este procedimiento k-1 veces, para determinar el nivel de vulnerabilidad de los k centroides de la cabecera (DANE, 2020).

Obtenida la información se procedió a espacializar los datos, donde cada polígono adquirió un valor en función a su grado de vulnerabilidad, para un total de 5 categorías. Una vez construido el shape, se exportó la información a ArcGIS online, asignando una *coropleta* a modo

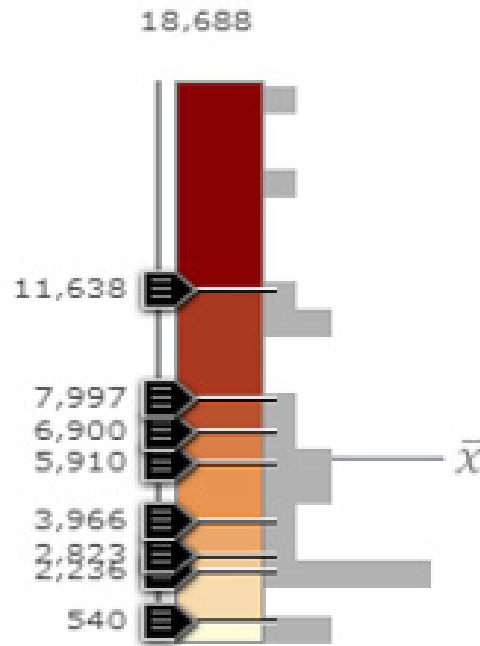


Figura 3. Clasificación por cortes naturales del número de casos positivos por localidad para el mes de agosto.

de semáforo para facilitar el análisis espacial. Finalmente se construyó una aplicación web que permite calcular rutas y buscar direcciones, con el fin de ubicar con mayor facilidad el grado de vulnerabilidad de una zona determinada.

El visor web fue construido por medio de la aplicación de ArcGIS online Web AppBuilder, donde se asignaron los widgets (botones de búsqueda localizados en la parte superior derecha) de dirección, búsqueda de rutas, leyenda, y capas. Una vez incluidos los widgets se procedió a diseñar la interfaz, aplicando el color azul del menú (ver Figura 2), y seleccionando una imagen para acompañar el visor.

Para la segunda etapa se definió como escala de manejo la figura catastral de

localidad. Los datos fueron obtenidos del instituto nacional de salud, donde se analizaron las siguientes variables:

15. Número de casos positivos por localidad.

16. Ro.

17. Número de hospitalizados por COVID-19.

18. Número de fallecidos por COVID-19.

19. Número de recuperados por localidad.

Para la visualización multitemporal de estas variables se optó por la creación de un Dashboard que permita la interac-

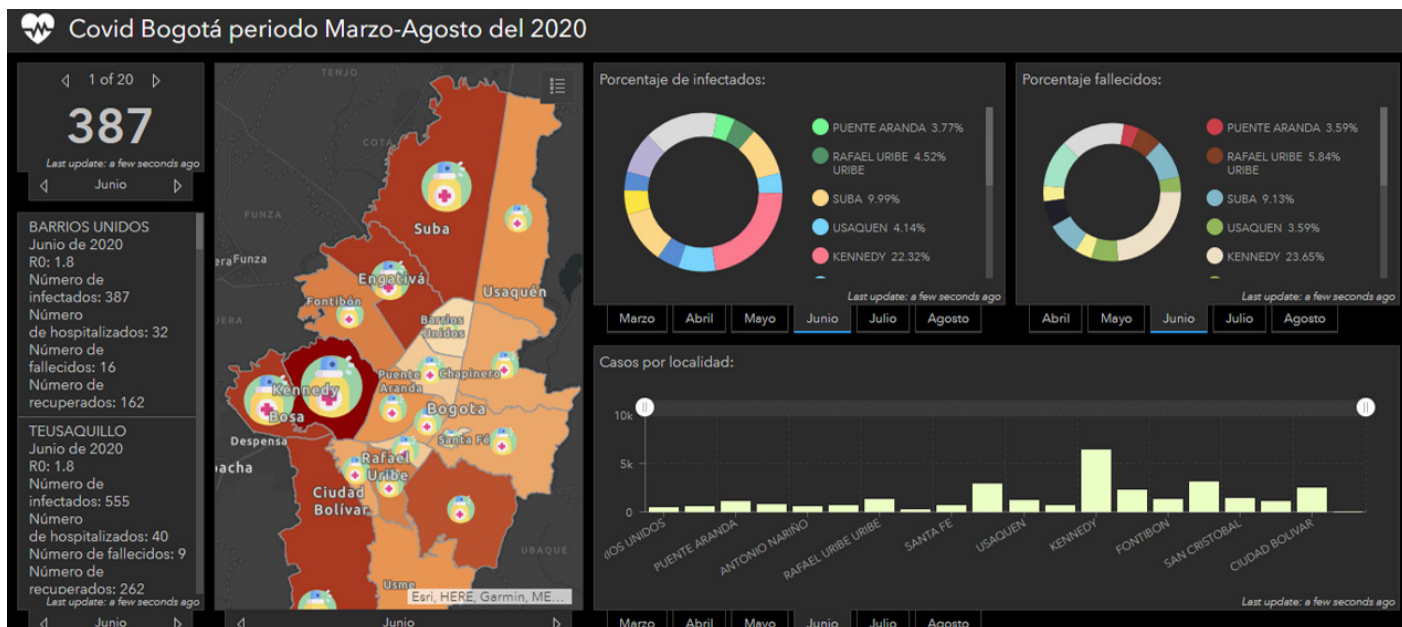


Figura 4. Dashboard de los primeros 6 meses de pandemia en la ciudad de Bogotá. (Martinez, 2020).

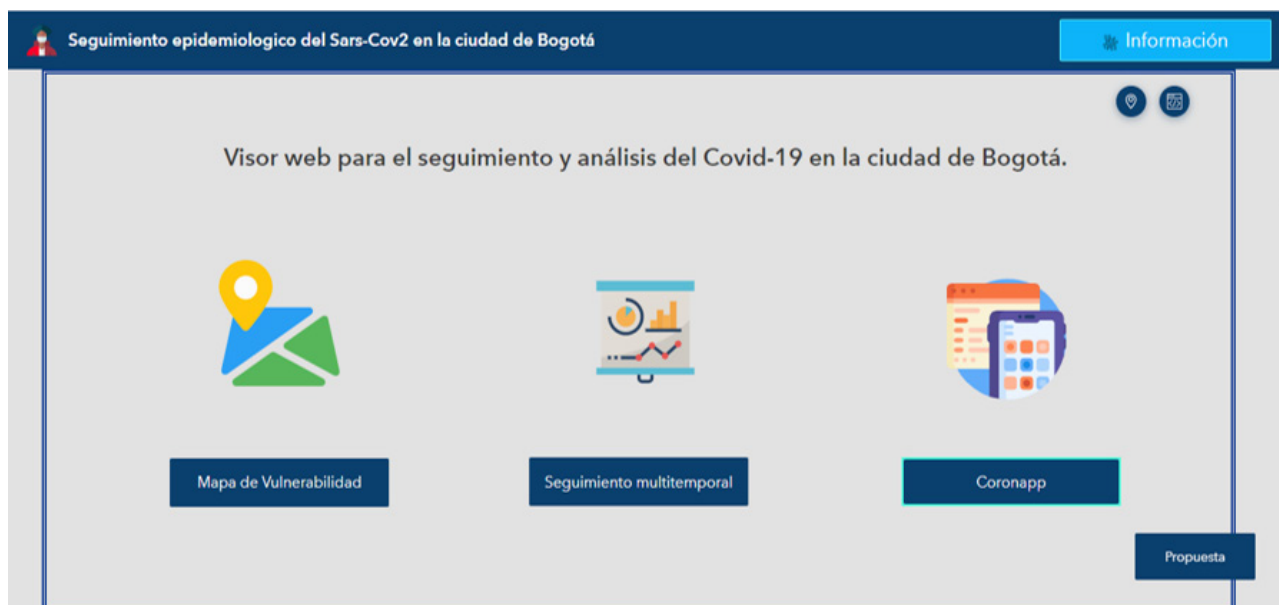


Figura 5. Geo visor con las producciones cartográficas previamente realizadas. (Martinez, 2020).

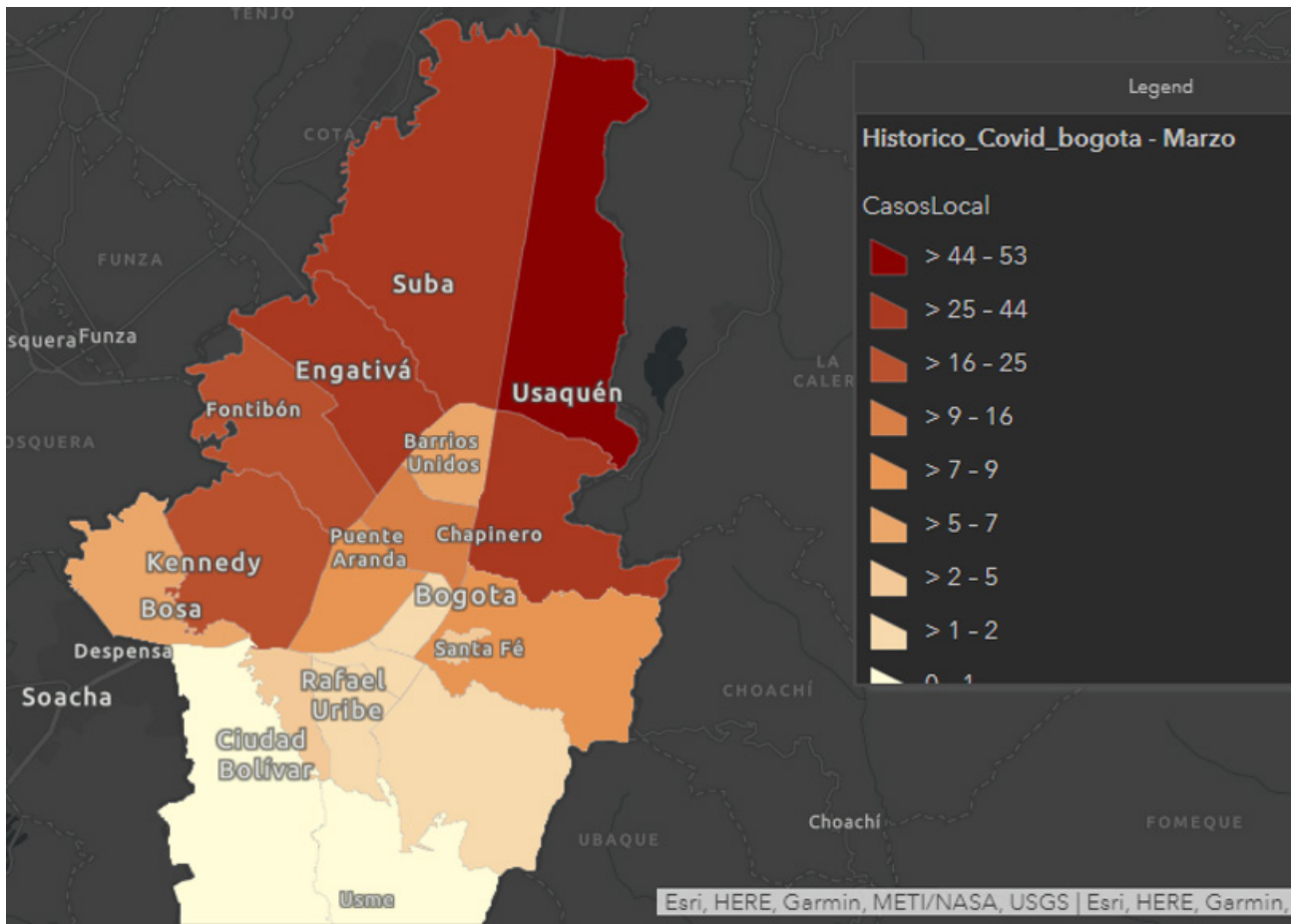


Figura 6. Mapa de casos de covid-19 para el mes de marzo. (Martínez, 2020).

ción de los usuarios de forma dinámica, las producciones cartográficas manejan dos tipos de variables, una coropleta a modo de degrade, donde el color corresponde a la clasificación de los datos por cortes naturales, con el fin de identificar con mayor facilidad el número de casos positivos. La segunda variable corresponde a los símbolos proporcionales que fluctúan su tamaño en función a la cantidad de recuperados, también siendo clasificados por medio de los cortes naturales de los datos.

Durante el proceso de creación del dashboard se cargaron los seis mapas

correspondientes a cada uno de los meses a analizar; todos los datos fueron recuperados del observatorio de salud de Bogotá, y se descargaron en formato Excel, con el fin de tratar únicamente con los datos que se consideraban pertinentes para el artículo, luego se especializaron por medio de la herramienta join de Arcgis, para posteriormente subirlos a Arcgis online, categorizar los datos, y vincularlos en el dashboard.

Una vez cargados los mapas en el Dashboard se procedió a generar la visualización dinámica de los datos para cada uno de los meses. Para ello se elaboraron histo-

gramas, gráficos de torta y listas a partir de la información del número de casos, fallecidos, hospitalizados, recuperados y el Ro promedio para cada mes. Una vez elaborada la visualización de los datos, se procedió a generar una relación entre cada una de las gráficas, de tal forma que, si el usuario selecciona uno de los tantos datos, el mapa interactúe haciendo un acercamiento en la localidad acreedora de dichos datos, mientras las demás gráficas interactúen mostrando únicamente los datos de la localidad seleccionada (es relevante mencionar que, para que las gráficas y el mapa interactúen deben encontrarse en el mismo mes).

Finalizado el dashboard se procedió a realizar el diseño y creación de un geo visor que permite la visualización de ambos productos visuales.

Para la creación del Geo visor se utilizó la aplicación de ArcGIS online Web Experience, la cual permite la creación de una interfaz web de forma sencilla e intuitiva, en la que se anexaron los enlaces del visor de vulnerabilidad y el dashboard para permitir su visualización dentro de la página, se optó por los colores blanco y azul para la interfaz, y se anexaron botones con destino a las páginas construidas (visor de vulnerabilidad y dashboard), a páginas gubernamentales, tales como el Coronapp.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Por medio de la visualización de las producciones cartográficas, se identifica la

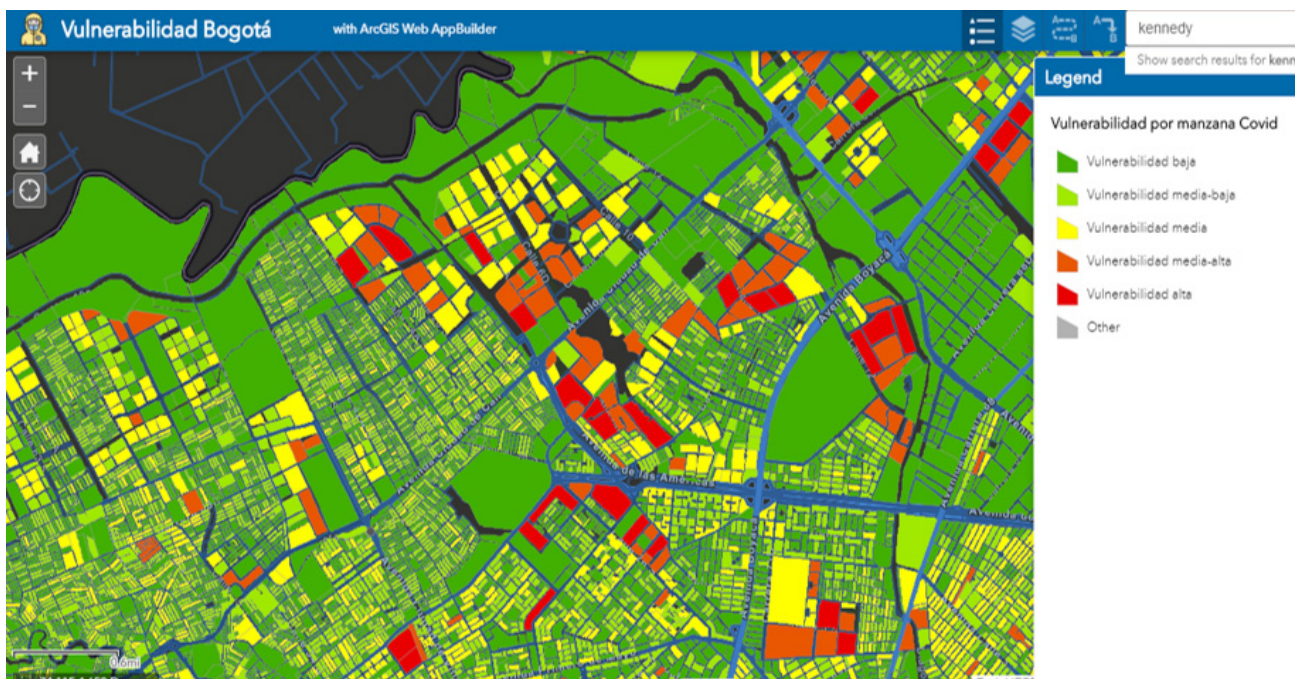


Figura 7. Mapa de vulnerabilidad Covid-19 en la localidad de Kennedy. Realizado por el autor del artículo.

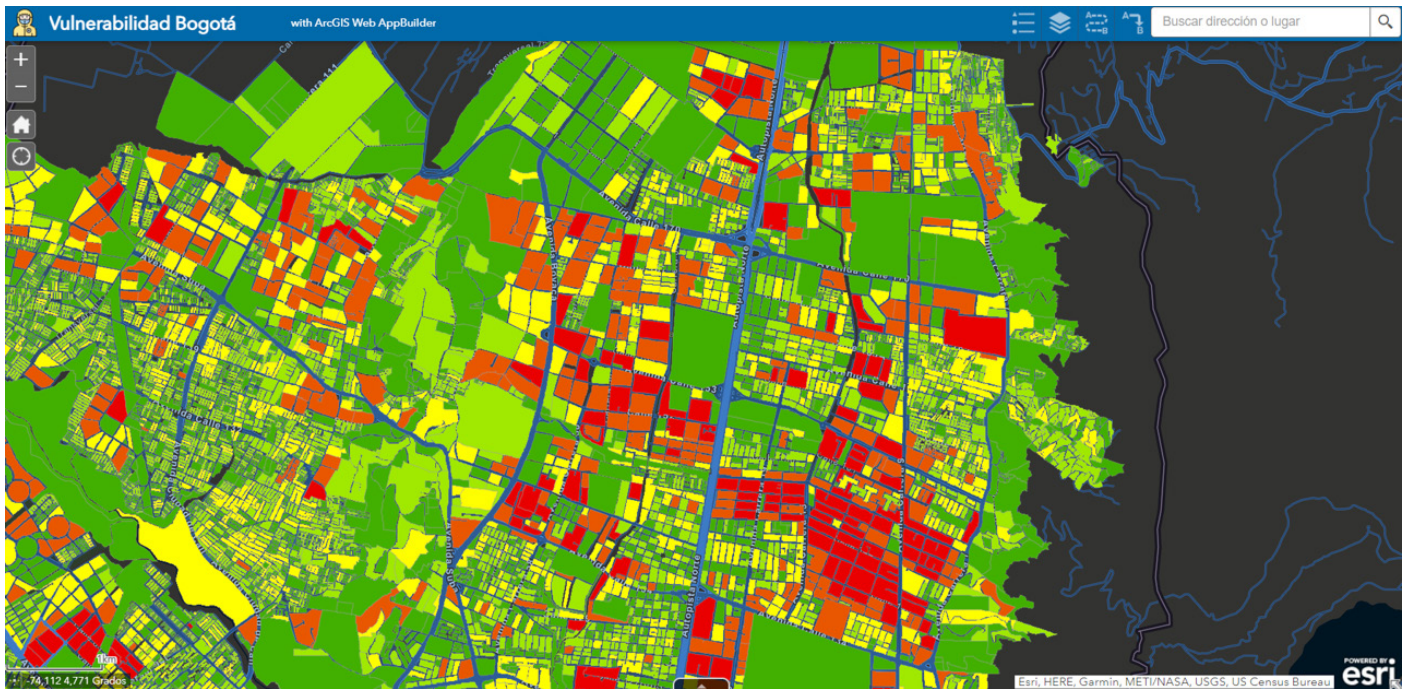


Figura 8. Mapa de vulnerabilidad Covid-19 en las localidades de Suba y Usaquén. (Martínez, 2020).

dispersión espacial que ha presentado el Covid-19 en la ciudad Bogotá, como un primer acercamiento es evidente que el contagio no se ha esparcido de forma uniforme a través de las localidades pertenecientes a la ciudad. Con un primer foco localizado en la Localidad de Usaquén, que poseía un porcentaje de casos significativos para el mes de marzo, con un total del 18.7%, seguido por Suba 15.5%, Engativá 13.4% y Chapinero 12.3%; para esa entonces los casos se concentraban en la zona norte, permitiendo evidenciar un leve desplazamiento de los contagios en dirección al occidente de la ciudad, hecho que ya era plausible en localidades como Fontibón 8.8% y Kennedy 7.4%, que en conjunto

con Engativá se encontraban entre las 6 localidades con más casos registrados.

Ahora bien, para el mes de abril la distribución de los casos confirmados cambia de forma abrupta, con un nuevo foco localizado en la localidad de Kennedy que pasó de ubicarse en la sexta posición a la primera, siendo la localidad con mayor número de casos, y de un valor porcentual del 7.4% al 18.4%. Así mismo, ocupa el primer lugar de número de fallecidos por Covid-19 con un 22.45% de los casos totales, esto puede deberse a varios factores; una mala articulación de políticas de salud pública, las condiciones económicas presentes en la localidad pudieron llegar a coaccionar a la población a violar la cuarentena, la den-

sidad poblacional de Kennedy (ocupando el primer puesto en la ciudad en dicha característica), y la necesidad de movilizarse por transporte público, fueron ingredientes perfectos para la transmisión del COVID-19 dentro de la localidad (Gibson & Rush, 2020). Así mismo, la relevante participación de la localidad en el número de fallecidos puede explicarse, tanto por ausencia de UCIS y centros de salud, y la elevada tasa de concentración de población con alto grado de vulnerabilidad (ver Fig. 10). Por otra parte, las localidades como Usaquén, Suba y Engativá aún continúan constituyendo una parte importante en el número total de casos confirmados. Así mismo, el desplazamiento del contagio continúa en dirección hacia las localidades del oriente, donde Bosa empieza a posicionarse dentro de las localidades con mayor número de casos positivos.

Para el mes de mayo la distribución de los casos empezó a aparecer con mayor relevancia en las localidades del sur, siendo Kennedy aún el foco principal, seguido por Suba con un 9,4% del total de los casos. El movimiento del contagio en dirección al sur de la ciudad es aún más evidente para el mes de junio, donde localidades como San Cristóbal y Ciudad Bolívar sobrepasan porcentualmente en números de casos a la localidad de Usaquén, no obstante, para la fecha Suba sigue reportando un número de contagios significativamente elevado, aportando un 9% del total de los casos.

En relación con la proporción de muertes Usaquén continúa experimentando un decrecimiento a pesar de contar con un número considerable de población vulnerable (ver Fig. 8).

No obstante, es en el sur donde se reporta el mayor número de fallecidos por la pandemia, siendo que localidades como Kennedy, Ciudad Bolívar, Bosa, San Cristóbal y Usme quienes aportan más del 50% de las muertes por Covid-19 en la ciudad, y más de un 40% de los casos confirmados, una tendencia que continuará para los meses de julio y agosto, evidenciando la relación entre los índices de pobreza y el número de fallecidos (ver Fig. 4), convirtiendo la inequidad en un medio de dispersión del Covid-19 (Ahmed et al., 2020).

Finalmente, para los meses julio y agosto se evidencia la focalización de dos grandes grupos de contagio, el primero se encuentra en el norte en la localidad de Suba, la cual experimentó un crecimiento porcentual con respecto al total de los casos, pasando de un 9% en junio, a un 12% en agosto, registrando los mismos valores porcentuales para los casos de fallecimiento por Covid-19 (9%-12%) a pesar de contar con un número considerable de manzanas en alto grado de vulnerabilidad (ver Fig. 8). El segundo foco se localiza en las localidades de Kennedy y Bosa, pues juntas suman más del 20% de los casos registrados para contagios y fallecimiento.

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados es posible interpretar dos principales focos de Covid-19 en la ciudad de Bogotá para el periodo comprendido entre marzo y agosto del 2020. El foco norte en la localidad de Suba, manteniendo una proporción más o menos constante del número de casos en la ciudad, y el foco suroccidental en la localidad de Kennedy que experimentó un crecimiento abrupto de los contagios entre los meses de marzo y abril, y desde entonces se mantuvo como la localidad con mayor número de casos positivos.

Si bien la pandemia tuvo un claro inicio en el norte, fue desplazándose en dirección al occidente de la ciudad, y luego al sur. Para junio las localidades del Suroriente y suroccidente ya aportaban más del 50% de las muertes, y más de un 40% de los casos confirmados.

El rápido crecimiento de los casos de contagio en la localidad de Kennedy puede deberse a una mala articulación de políticas de salud pública, las condiciones socioeconómicas presentes en la localidad, la densidad poblacional y la necesidad de movilizarse por transporte público.

Finalmente es de precisar que no necesariamente el nivel de vulnerabilidad se ve relacionado con el número de casos y el número de defunciones por Covid-19, localidades como Chapinero poseen un importante número de man-

zanas con alto índice de vulnerabilidad, sin embargo, esto no se ve reflejado en sus datos. Esto puede deberse a que las condiciones socioeconómicas propias de dicha localidad ayudaron a sus residentes a permanecer en confinamiento, sumado a una mayor presencia de centros de salud por habitante y mejor implementación de políticas de salud pública.



LITERATURA CITADA

- AHMED, F., Ahmed, N., Pissarides, C., & Stiglitz, J. (2020). Why inequality could spread COVID-19. *The Lancet Public Health*, 5(5), e240. [https://doi.org/10.1016/S2468-2667\(20\)30085-2](https://doi.org/10.1016/S2468-2667(20)30085-2)
- ARTHUR, R. F., Gurley, E. S., Salje, H., Bloomfield, L. S. P., & Jones, J. H. (2017). Contact structure, mobility, environmental impact and behaviour: The importance of social forces to infectious disease dynamics and disease ecology. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 372(1719). <https://doi.org/10.1098/rstb.2016.0454>
- CHINAZZI, M., Davis, J. T., Ajelli, M., Giannini, C., Litvinova, M., Merler, S., Pastore y Piontti, A., Mu, K., Rossi, L., Sun, K., Viboud, C., Xiong, X., Yu, H., Elizabeth Halloran, M., Longini, I. M., & Vespignani, A. (2020). The effect of travel restrictions on the spread of the 2019 novel coronavirus (COVID-19) outbreak. *Science*, 368(6489), 395–400. <https://doi.org/10.1126/science.aba9757>
- DANE (20 de marzo de 2020). Comportamiento del virus en Colombia. Coronavirus Colombia. <https://coronaviruscolombia.gov.co/Covid19/estadisticascovid19/mapacoronapp.html#dashboardAnchor>
- FRANCH-PARDO, I., Napoletano, B. M., Rosete-verges, F., & Billa, L. (2020). Science of the Total Environment Spatial analysis and GIS in the study of COVID-19 . A review. *Science of the Total Environment*, 739, 140033. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140033>
- GIBSON, L., & Rush, D. (2020). *Novel Coronavirus in Cape Town Informal Settlements : Feasibility of Using Informal Dwelling Outlines to Identify High Risk Areas for COVID-19 Transmission From A Social Distancing Perspective Corresponding Author : 6*, 1–9. <https://doi.org/10.2196/18844>
- GROSS, B., Zheng, Z., Liu, S., Chen, X., Sela, A., Li, J., Li, D., & Havlin, S. (2020). *Spatio-temporal propagation of COVID-19 pandemics*. 1–7.
- HART, G., & Dolbear, C. (2013). Geographic Information. In *Linked Data*. <https://doi.org/10.1201/b13877-4>
- IVAN, Y., & Machado, F. (2020). *Relación entre la COVID-19 y las enfermedades cardiovasculares*. 59(277), 1–6.
- RAMÍREZ, I. J., & Lee, J. (2020). COVID-19 emergence and social and health determinants in Colorado: A rapid spatial analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(11), 1–15. <https://doi.org/10.3390/ijerph17113856>
- REINER, R. C., Barber, R. M., Collins, J. K., Zheng, P., Adolph, C., Albright, J., Antony, C. M., Aravkin, A. Y., Bachmeier, S. D., Bang-Jensen, B., Bannick, M. S., Bloom, S., Carter, A., Castro, E., Causey, K., Chakrabarti, S., Charlson,

F. J., Cogen, R. M., Combs, E., ... Murray, C. J. L. (2020). Modeling COVID-19 scenarios for the United States. *Nature Medicine*, 19. <https://doi.org/10.1038/s41591-020-1132-9>

ROSSELLI, D. (2020). Covid-19 en Colombia: los primeros 90 días. *Acta Neurológica Colombiana*, 36(2 Supl. 1), 1–6. <https://doi.org/10.22379/242240226>