



Análisis de geolocalización de la vacunación contra el COVID-19 y su relación con casos positivos en Perú

Geolocation analysis of COVID-19 vaccination and its relationship with positive cases in Peru

Aurora Rosa Neciosup Obando ^{1*}, Isidoro Valderrama Ramos ², Anghie Lizzeth Chilon Ayay ³

¹ *Departamento Académico de Estadística de la UNT, Trujillo-La Libertad, Perú*

² *Departamento Académico de Ingeniería Química de la UNT, Trujillo-La Libertad, Perú*

³ *Escuela Académico Profesional de Estadística de la UNT, Trujillo-La Libertad, Perú*

Resumen

Nuestro país afrontó un suceso mundial, que nos cambió la vida a todos, ocasionando la muerte de muchas personas de distintas edades, condición social y económica y en especial en las zonas más vulnerables como el departamento La Libertad, registrándose en el distrito de Trujillo 16,090, la mayor cantidad de casos positivos COVID-19 (Gerencia Regional de Salud La Libertad). En este contexto se propuso hacer un análisis geoespacial que permita ubicar las zonas de vulnerabilidad espacio-temporal de mayor incidencia de pacientes con COVID-19. Encontrándose que las zonas de mayor incidencia de pacientes, con esta enfermedad se encuentran ubicados en la franja costera, ubicándose en los departamentos de Piura, La Libertad, Ancash, Lima y Arequipa. Sin embargo, según el índice de Morán se encontró ausencia de autocorrelación espacial, concluyéndose que la alta incidencia de pacientes con COVID-19 no depende del espacio geográfico en el Perú. Los datos se procesaron en el software RStudio, para realizar el análisis estadístico.

Palabra clave: Geolocalización, casos positivos COVID-19; índice de Moran, autocorrelación espacial, análisis geoespacial

Abstract

Our country faced a global event that changed the lives of all of us, causing the death of many people of different ages, social and economic conditions, especially in the most vulnerable areas such as the La Libertad department, with 16,090 positive cases of COVID-19 being recorded in the Trujillo district (La Libertad Regional Health Management). In this context, a geospatial analysis was proposed to locate the areas of space-time vulnerability with the highest incidence of patients with COVID-19. It was found that the areas with the highest incidence of patients with this disease are located in the coastal strip, located in the departments of Piura, La Libertad, Ancash, Lima and Arequipa. However, according to the Morán index, the absence of spatial autocorrelation was found, concluding that the high incidence of patients with COVID-19 does not depend on the geographic space in Peru. The data was processed in the RStudio software to perform the statistical analysis. The data was processed in the RStudio software, to carry out the statistical analysis of the data.

Keyword: Geolocation, COVID-19 positive cases; Moran index, spatial autocorrelation, geospatial analysis

1. Introducción

El servicio de salud mundial enfrenta una compleja situación desde diciembre de 2019, cuando se reportó en Wuhan, China, un tipo desconocido de neumonía denominada COVID-19. Este hecho causó conmoción a nivel mundial, y aproximadamente dos meses después, la Organización Mundial de la Salud (OMS) lo reconoció como pandemia debido a su gigantesca propagación alrededor del mundo. En el contexto de América Latina, el Perú fue uno de los primeros países en tomar acciones drásticas frente al virus, implementando, desde el 15 de marzo de 2020, un aislamiento social obligatorio. Sin embargo, la propagación del COVID-19 fue extremadamente rápida, y al finalizar los primeros 100 días, el país había registrado 260,810 casos confirmados y 8,404 fallecidos.

Este contexto de emergencia sanitaria ha evidenciado la importancia de conocer en detalle la epidemiología de la enfermedad, ya que el análisis de los casos confirmados y de su distribución espacial es muy importante para la creación de políticas de control efectivas, tanto a nivel local como nacional. La identificación de las zonas de mayor riesgo, que suelen ser las más vulnerables, resulta fundamental para implementar estrategias más eficaces para evitar la propagación comunitaria de la enfermedad. En este sentido, el análisis geoespacial en la actualidad es una herramienta fundamental para saber cómo se extiende el virus y para diseñar acciones más focalizadas.

Varios investigadores han dado a conocer la relevancia del análisis espacial en el monitoreo de la pandemia. Como es el caso de Gómez (2021) en su investigación sobre la distribución espacial de los casos de COVID-19 en la provincia de Santa Fe, Argentina, encontró agrupaciones en ciertas regiones, utilizando el Índice de Moran, con tasas más altas en las regiones sur y centro, y mientras que la región central con un grupo más bajo. De manera similar, Salinas & Nochebuena (2021). (2021) en Guerrero, México, evaluaron la relación entre la vulnerabilidad social y la incidencia del COVID-19, evidenciando cómo los grandes centros urbanos presentaron mayores tasas de contagio debido a factores sociales y económicos. Rodríguez (2020) también observó que las áreas urbanas, con mayor concentración de población, registraron más casos de COVID-19, pero que el virus se expandió rápidamente hacia las zonas rurales. Por su parte, Reinoso (2020) utilizó el análisis geoespacial con el software R para generar mapas y animaciones, permitiendo visualizar la evolución del COVID-19 y otros datos relacionados, facilitando así el monitoreo de la pandemia.

Otros estudios, como el de Sagaró-del-Campo et al. (2021) en Santiago de Cuba, utilizaron el índice de Moran y otros indicadores geoespaciales como el estadístico local G^* de Getis-Ord para estudiar la propagación del virus, encontrando diferencias significativas en la tasa de incidencia entre diferentes áreas, y también en algunos grupos demográficos, demostrando la importancia de realizar un análisis geoespacial para tener mayor conocimiento de los factores de riesgo. Asimismo, Nuñez et al. (2021) en México en su investigación realizó análisis de conglomerados espaciales para revelar patrones espaciales y describir el impacto letal del virus COVID-19, encontraron que las tasas de mortalidad eran altas en áreas urbanas, aunque las zonas rurales también eran elevadas.

En este contexto, se presenta la necesidad de realizar un análisis geoespacial en la región de La Libertad, Perú, con el objetivo de identificar las zonas de mayor vulnerabilidad frente al COVID-19. Este trabajo busca proporcionar información importante para el diseño de políticas públicas más eficaces que ayuden a disminuir los efectos de la crisis sanitaria global. Esta situación motivó realizar esta investigación, con el fin de cubrir el vacío de conocimiento existente sobre la distribución espacial del COVID-19 en la región, y así facilitar de algún modo intervenciones oportunas que contribuyan a mejorar la respuesta sanitaria y el manejo de recursos en las zonas más vulnerables, como el estudio de Enríquez-Mamani et al. (2021), quienes, al aplicar sistemas de información geográfica en Juliaca, Perú, logró identificar zonas de alto riesgo de contagio a través de un análisis espacial detallado. De allí la importancia del mapeo la distribución del virus a nivel local para la toma de decisiones específicas en las regiones.

2. Metodología

Diseño de investigación

Esta investigación se desarrolló con un diseño no experimental, puesto que no se manipuló directamente las variables, más bien se analizó los datos existentes; Asimismo, es de corte transversal, porque la información se recogió en el periodo (2020-2021) y descriptivo-correlacional, porque busca identificar y describir las zonas de mayor vulnerabilidad frente al COVID-19 en Perú, en base de datos geoespaciales, así como evaluar si existe relación entre las áreas afectadas y su proximidad geográfica.

Población y Muestra

La población de este estudio estuvo constituida por los registros hospitalarios secundarios de pacientes diagnosticados con COVID-19 en el Hospital de Alta Complejidad "Virgen de la Puerta" de Trujillo. Estos datos provienen de los registros procesados y almacenados en la base de datos del referido Hospital, correspondientes a los años 2020 y 2021.

La muestra estuvo conformada por los registros hospitalarios de 139,231 pacientes atendidos entre los años 2020 y 2021, quienes llegaron al hospital provenientes de diversas regiones del Perú, tanto de áreas urbanas como rurales, por tanto, representativa de las distintas condiciones geográficas y sociales de los pacientes atendidos en la región de estudio durante el período en estudio.

En cuanto a la recolección de datos se basó en la obtención de los registros hospitalarios secundarios de pacientes diagnosticados con COVID-19, los cuales fueron proporcionados por el Hospital de Alta Complejidad "Virgen de la Puerta" en Trujillo. Los datos utilizados provienen de las bases de datos electrónicas del hospital, que contienen registros procesados y almacenados durante los años 2020 y 2021. Estos registros referían información sobre los pacientes, como su diagnóstico de COVID-19, las fechas de ingreso y egreso, así como datos demográficos y clínicos necesaria para el estudio.

Análisis Estadístico

El análisis se realizó utilizando RStudio, una herramienta de análisis estadístico y geoespacial que permitió trabajar de manera adecuada con los datos. En primer lugar, se organizó la información sobre los pacientes que fueron atendidos en el hospital entre 2020 y 2021, luego, con RStudio, se realizó un análisis geoespacial para conocer la distribución espacial de los casos de COVID-19.

Para realizar el análisis espacial, se empleó una matriz de objetos espaciales y un gráfico de vecinos para evaluar las distancias entre las diferentes zonas geográficas (departamentos). Para ello, se utilizó el método Queen, que es muy útil para analizar las relaciones entre zonas vecinas, lo que permitió conocer como se distribuyeron los casos de COVID-19 a lo largo del tiempo; En base de estos análisis se pudo identificar cuáles fueron las zonas de mayor vulnerabilidad a los casos positivos de COVID-19.

Finalmente, se utilizó el Índice de Moran para aplicar una prueba de autocorrelación espacial, con el objetivo de determinar si la distribución de los casos en las zonas más vulnerables estaba relacionada con factores específicos o si era simplemente aleatoria. Esta técnica permitió verificar si las concentraciones de casos positivos seguían algún patrón geográfico significativo.

Consideraciones Éticas

El presente estudio se realizó utilizando datos secundarios proporcionados por el Hospital de Alta Complejidad "Virgen de la Puerta" de Trujillo, correspondientes a pacientes diagnosticados con COVID-19 entre 2020 y 2021. Como no se trabajó directamente con los pacientes, la investigación se basó exclusivamente en los registros ya procesados y almacenados en las bases de datos institucionales. En todo momento, se garantizó que el manejo de la información respetando los principios éticos de acuerdo con las normativas vigentes.

3. Resultados

Figura 1

Relación vecinal de los departamentos

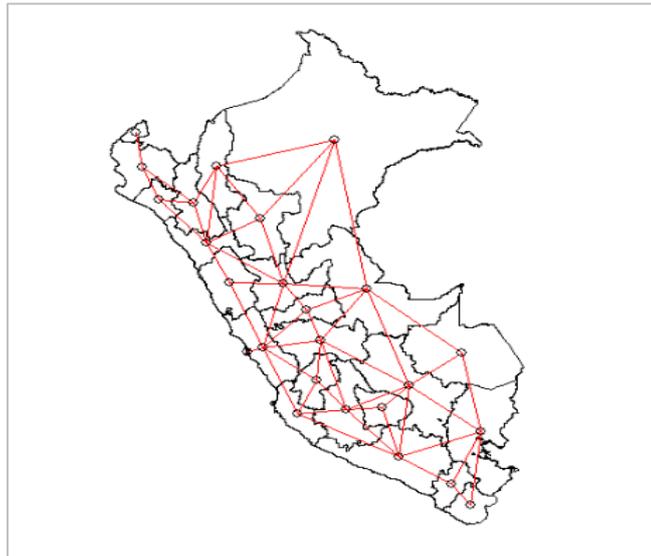


Figura 2

Mapa Casos positivo COVID-19

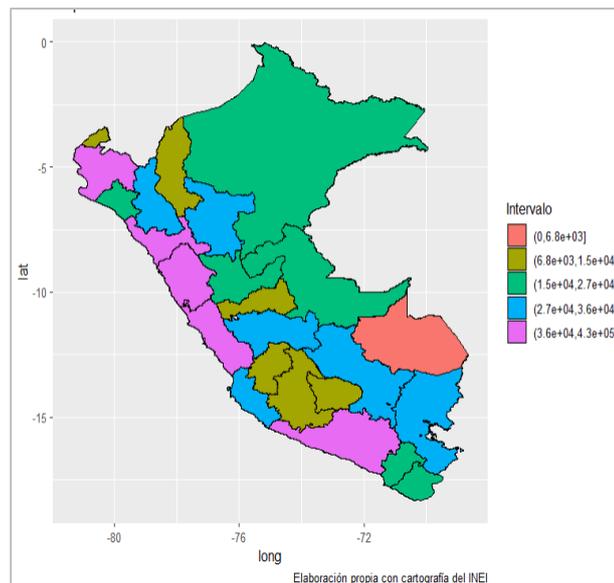


Tabla 1

Índice de Morán para Casos positivo COVID-19

Estadístico	Valor	Interpretación
Índice de Moran	-0.073	Indica una distribución espacial aleatoria o dispersa (valor cercano a cero).
Valor p	0.786	Rechaza la hipótesis de una distribución aleatoria ($p > .05$).

$p > .05$

4. Discusión

El objetivo de este estudio fue identificar las zonas con mayor vulnerabilidad a los casos positivos de COVID-19 en Perú, para lo cual se realizaron análisis geoespaciales. Se encontró que las regiones más afectadas fueron Piura, La Libertad, Ancash, Lima y Arequipa, todas ubicadas en la costa peruana.

Este resultado tiene algunas similitudes con el trabajo de Rodríguez (2020), quien también observó que las áreas urbanas son más vulnerables al COVID-19 debido a la mayor densidad de población. En nuestro caso, Lima y Arequipa, dos de las ciudades más grandes de la costa peruana, muestran una gran cantidad de casos positivos, lo que respalda la idea de que las zonas urbanas son más propensas a tener altos índices de contagio.

Sin embargo, al analizar la autocorrelación espacial utilizando el Índice de Moran, encontramos que no había una correlación espacial significativa ($p = 0.786$), lo que significa que los casos no están concentrados en áreas específicas del país. Este resultado es diferente a lo que encontró Gómez (2021) en Argentina, donde se observó un patrón claro de agrupación de casos en ciertas áreas, como en el sur y centro de la provincia de Santa Fe. La falta de correlación espacial en nuestra investigación sugiere que factores como las políticas de control del gobierno, las medidas de aislamiento y la distribución de recursos también pueden haber jugado un papel importante en la propagación del virus, más allá de la proximidad geográfica.

El estudio también se asemeja a lo que encontró Salinas & Nochebuena (2021) en México, donde los grandes centros urbanos, como Acapulco, mostraron una alta vulnerabilidad social y mayor número de contagios. Aunque nuestras ciudades urbanas tuvieron la mayor concentración de casos, la ausencia de un patrón claro de autocorrelación espacial también podría indicar que otros factores, como el acceso a la salud y las políticas de prevención, influyen mucho más que la ubicación geográfica de las regiones.

Por otro lado, el estudio de Nuñez et al. (2021), que encontró que la mortalidad por COVID-19 era más alta en áreas rurales de México debido a la falta de infraestructura y servicios médicos, resalta la importancia de estos factores. En nuestro caso, aunque las zonas urbanas son más afectadas, las zonas rurales también pueden ser vulnerables, aunque por razones diferentes, como el acceso limitado a atención médica y la falta de recursos. Sin embargo, no encontramos una autocorrelación espacial que indicara que la situación rural esté directamente relacionada con los contagios en áreas urbanas.

Finalmente, similar a lo que observó Ibañez et al. (2021) en la región de Puno, se establece que las desigualdades socioeconómicas pueden estar influyendo en la distribución de los casos de COVID-19. Las regiones con menos infraestructura de salud, como el acceso limitado a hospitales y centros médicos, pudieron haber enfrentado mayores dificultades, lo que contribuyó a un aumento en los contagios. Sin embargo, la falta de autocorrelación espacial en este estudio sugiere que la propagación del virus no depende solo de la geografía, sino también de otros factores como la infraestructura de salud y las políticas implementadas en cada región.

5. Conclusiones

La presente investigación permitió identificar las áreas más vulnerables a los casos de COVID-19 en Perú; siendo las regiones de Piura, La Libertad, Ancash, Lima y Arequipa las que mostraron los mayores índices de casos positivos, especialmente en sus zonas urbanas, donde la población presenta mayor densidad.

Al aplicar el Índice de Moran, se obtuvo un valor p de 0.786, lo que indica que hay ausencia de autocorrelación espacial, es decir, que la presencia de casos positivos de COVID-19 en las zonas de mayor vulnerabilidad no depende del espacio geográfico peruano; es decir que la propagación del virus

no parece depender solo de qué tan cerca están las áreas, sino también de otros factores, como las condiciones sociales y económicas de cada región.

Finalmente se recomienda realizar más estudios de este tipo, porque pueden ayudar a tener mayor conocimiento sobre la propagación de la enfermedad y por ende a la toma de decisiones más efectivas para proteger a la población.

6. Referencias

- Enríquez-Mamani, V., Bolívar-Espinoza, N., Gallegos-Ramos, J. R., Laura-Huanca, J. C., Marín-Mamani, G., Marín-Paucara, E., & Yunga-Zegarra, E. (2021). Análisis espacial en la identificación de zonas de riesgo de contagio al COVID-19 como herramienta para la gestión pública en Juliaca, Perú. *Revista Científica de la UCSA*, 8(2), 30-38.
<http://revista-ucsa-ct.edu.py/ojs/index.php/ucsa/article/view/53>
- Gómez, J. (2021). Análisis territorial de la incidencia de COVID-19: modelización e índice de calidad de vida em Santa Fe, Argentina. *Revista NUPEM*, 13(30), 191-213.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8084219>
- Ibañez, M., Pacho, D. R., Sacaca, A. A., Parillo, E. C., & Monje, B. C. (2021). Inequidades Socioeconómicas en la evolución del COVID-19. *REVISTA DE INVESTIGACIONES EMPRESARIALES*, 2(1), 143-151.
[http://revistas.unap.edu.pe/journal/index.php/RIC/article/view/39\)9/373](http://revistas.unap.edu.pe/journal/index.php/RIC/article/view/39)9/373)
- Núñez, J. M., Galena-Pizaña, M., Jiménez-Ortega, A. D., Quiroz-Cazares, G., Balderas-Cruz, I., Seemann-Carús, S., ... & Lara-Pulido, J. A. (2021). Análisis de agrupamiento espacial de la letalidad por COVID-19 en México. *CIENCIA ergo-sum*, 28(4).
<https://cienciaergosum.uaemex.mx/article/view/16031/12258>
- Reinoso Lorente, A., Vázquez Rodríguez, R., & Pérez Risquet, C. (2020). El uso del lenguaje R para el procesamiento de datos y la generación de mapas sobre COVID-19. *Revista Cubana De Transformación Digital*, 1(3), 37–50. <https://rctd.uic.cu/rctd/article/view/84>
- Rodríguez F. (2020) La incidencia socioespacial del COVID-19: apuntes desde Morelos
<https://ru.crim.unam.mx/handle/123456789/81>
- Sagaró-del-Campo, N. M., Zamora-Matamoros, L., Valdés-García, L. E., Rodríguez-Valdés, A., Bandera-Jiménez, D., & Texidor-Garzón, M. C. (2021). Aspectos demográficos, clínico-epidemiológicos y geospaciales de la COVID-19 en Santiago de Cuba. *Revista Archivo Médico de Camagüey*, 25(3).
- Salinas, S. V., & Nochebuena, G. (2021). Análisis espacial de vulnerabilidad y riesgo en salud por COVID-19 en el Estado de Guerrero, México. A un año de pandemia. *Posición. Revista del Instituto de Investigaciones Geográficas*, (5), 1-11.