

## **Vulnerabilidad por enfermedades crónicas no transmisibles y defunciones por COVID-19, en Cuba**

Vulnerability due non-communicable chronic diseases and deaths from COVID-19 in Cuba

Alejandro Felipe Veranes Miranda<sup>1\*</sup> <https://orcid.org/0000-0003-0271-5694>,

Lisset Sánchez Valdés<sup>2</sup> <https://orcid.org/0000-0001-7747-1052>,

Nancy Pérez Rodríguez<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0001-9786-0872>,

Ricardo Remond Noa<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0002-6969-3453>,

Pedro Más Bermejo<sup>3</sup> <https://orcid.org/0000-0002-5350-657X>,

Pascal Handschumacher<sup>4</sup> <https://orcid.org/0000-0002-9444-9612>,

Erik A Sauleau<sup>4</sup> <https://orcid.org/0000-0003-1178-1060>

<sup>1</sup>Universidad de La Habana, Facultad de Geografía. Plaza, La Habana, Cuba

<sup>2</sup>Centro de Inmunología Molecular. Playa, La Habana, Cuba.

<sup>3</sup>Instituto de Medicina Tropical “Pedro Kouri”. La Lisa, La Habana, Cuba.

<sup>4</sup>Universidad de Estrasburgo. Estrasburgo, Alsacia, Francia.

\*Autor para la correspondencia: [veranesgeo@gmail.com](mailto:veranesgeo@gmail.com)

### **RESUMEN**

**Introducción:** Se contextualiza la relación entre la vulnerabilidad por ECNT y las defunciones por COVID-19 en Cuba, resaltando la importancia de abordar esta relación, para mejorar las estrategias de salud pública.

**Objetivo:** Proporcionar un análisis de la correlación entre la vulnerabilidad por ECNT y las defunciones por COVID-19 a nivel municipal en Cuba.

**Métodos:** La metodología se describe en tres etapas: creación de mapas de prevalencia de ECNT, evaluación de la vulnerabilidad mediante Evaluación Multi-Criterio (EMC) y correlación con defunciones por COVID-19 mediante regresión de Poisson.

Etapas 1: Creación de mapas temáticos de tasas de prevalencia de ECNT.

Etapas 2: Evaluación de la vulnerabilidad mediante EMC, generando un mapa de vulnerabilidad general.

Etapas 3: Correlación de la vulnerabilidad con defunciones por COVID-19 mediante regresión de Poisson.

**Resultados:** Se presentan cinco mapas temáticos de vulnerabilidad parcial, destacando la prevalencia de ECNT, y la correlación de la vulnerabilidad general con las defunciones por COVID-19 (hasta diciembre del 2022). Se subraya la importancia de esta información para la toma de decisiones.

**Conclusiones:** Los resultados subrayan la utilidad de comprender la relación entre la vulnerabilidad por ECNT y las defunciones por COVID-19, destacando su relevancia en la planificación estratégica de intervenciones de salud pública a nivel nacional, para focalizar la distribución de recursos en aquellos territorios más vulnerables y/o necesitados.

**Palabras clave:** Enfermedades crónicas no transmisibles; defunciones por COVID-19; vulnerabilidad; análisis espacial; Evaluación Multi-Criterio; regresión de Poisson.

## ABSTRACT

**Introduction:** This study contextualizes the critical importance of understanding the relationship between vulnerability to non-communicable chronic diseases

(NCDs) and COVID-19 deaths in the Cuban context, highlighting the need to address this intersection to improve public health strategies.

**Objective:** To analyze the correlation between general vulnerability to NCDs and COVID-19 deaths at the municipal level in Cuba, identifying significant patterns and relationships.

**Methods:** The methodology is described in three stages: creation of prevalence rate maps, comprehensive vulnerability assessment through Multi-Criteria Evaluation (MCE), and correlation with COVID-19 deaths using Poisson regression.

Stage 1: Creation of thematic maps of NCD prevalence rates.

Stage 2: Comprehensive vulnerability assessment using MCE, generating a general vulnerability map.

Stage 3: Correlation of vulnerability with COVID-19 deaths using Poisson regression.

**Results:** Five thematic maps of partial vulnerability are presented, highlighting NCD prevalence, and the correlation of general vulnerability with COVID-19 deaths (up to December 2022). The importance of this information for decision-making is emphasized.

**Conclusions:** The results underline the utility of understanding the relationship between vulnerability to NCDs and COVID-19 deaths, emphasizing its relevance in the strategic planning of public health interventions at the national level.

**Keywords:** Non-communicable chronic diseases; COVID-19 deaths; vulnerability; spatial analysis; Multi-Criteria Evaluation; Poisson regression.

Recibido: 04/11/2024

Aprobado: 14/08/2025

## Introducción

El coronavirus conocido como SARS-CoV-2 y responsable de la enfermedad COVID-19, fue inicialmente identificado en Wuhan, China, en diciembre de 2019. Su detección se llevó a cabo en un grupo de pacientes que presentaban una forma de neumonía viral indefinida, confirmada mediante la aplicación del test de reacción en cadena de la polimerasa (PCR). La propagación veloz del virus y el aumento en el número de defunciones, que alcanzó la alarmante cifra de 83,631 casos dos meses después de su descubrimiento, incluyendo un total de 2,858 muertes registradas en 51 países, llevaron a que la Organización Mundial de la Salud (OMS) declarara el estado de emergencia el 30 de enero de 2020, seguido por la declaración de pandemia en marzo del mismo. <sup>(1)</sup>

Las enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT) han demostrado tener una conexión significativa con un mayor riesgo de defunciones, especialmente en el contexto de la pandemia de COVID-19. <sup>(2)</sup> Individuos que padecen condiciones como enfermedades cardiovasculares, diabetes, enfermedades respiratorias crónicas, obesidad, entre otras, enfrentan una vulnerabilidad más elevada ante la infección por el virus SARS-CoV-2. Estudios, han resaltado la asociación entre comorbilidades, incluidas las ECNT, y resultados más adversos, como hospitalizaciones graves y mayores tasas de mortalidad en pacientes con COVID-19. <sup>(3) (4)</sup>

Las ECNT a menudo agravarán las complicaciones derivadas de la infección por COVID-19, ya que estas condiciones crónicas pueden debilitar el sistema inmunológico, comprometer la función de órganos y generan respuestas inflamatorias desreguladas. <sup>(5)</sup> La presencia de comorbilidades también puede influir en la efectividad de las intervenciones médicas y la respuesta del cuerpo a la infección. <sup>(6)</sup>

La aplicación de la geografía y el análisis espacial en Sistemas de Información Geográfica (SIG) resulta útil para examinar la relación entre la prevalencia de enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT) y las defunciones por COVID-19 desde un enfoque territorial. Estudios reportados en la literatura han mostrado que el análisis espacial permite identificar patrones geográficos, clústeres y comprender la distribución espacial de ECNT y las defunciones por COVID-19. Al caracterizar los territorios en función de diversos factores geográficos, demográficos y de salud, se obtiene una visión más completa de los contextos territoriales específicos. (7) (8) (9)

El desarrollo de modelos predictivos, además, integrando datos espaciales facilita la predicción de áreas con mayor riesgo, contribuyendo a la gestión y planificación de recursos y al trazado de estrategias preventivas. (10)

En Cuba durante la pandemia se creó un grupo multidisciplinario para el análisis en tiempo real de la situación epidemiológica creada, con el fin de realizar la estratificación del riesgo de transmisión y severidad. Se desarrolló un modelo que permitió identificar las áreas de salud con mayor riesgo de transmisión. (11) Sin embargo, la combinación de datos de ECNT con la distribución espacial de defunciones por COVID-19, permitiría realizar un análisis de vulnerabilidades territoriales, identificando territorios de mayor riesgo de severidad y priorizando intervenciones adaptadas.

Asimismo, la optimización de recursos se vuelve posible, centrándolos en áreas con mayor prevalencia de ECNT y tasas de mortalidad elevadas. Esta capacidad de planificación localizada implica la adaptación de intervenciones, como campañas de concientización específicas, estrategias de atención médica ajustadas a las características geográficas locales y de distribución de recursos. Por último, la comunicación efectiva de resultados a través de mapas y visualizaciones geográficas facilita la mejor comprensión por parte de diversas

audiencias, incluyendo autoridades de salud, profesionales médicos y la población en general, sobre la distribución del fenómeno estudiado.

En conjunto, la aplicación de la geografía y el análisis espacial en SIG proporciona una perspectiva contextualizada y basada en el análisis territorial de la relación entre ECNT y defunciones por COVID-19, mejorando la toma de decisiones y permitiendo trazar estrategias de salud pública adaptadas a las características de cada territorio.

El presente estudio se propone mostrar desde la ciencia geográfica, como el análisis espacial (territorial) puede contribuir de manera más efectiva a la identificación de la relación entre la prevalencia de enfermedades crónicas no transmisibles y las defunciones por COVID-19. Se presentan algunos de los análisis realizados que permitirán apoyar el diseño de estrategias de salud pública más efectivas adaptadas y localizadas.

## Métodos

Se implementaron diversos métodos, entre ellos: análisis y síntesis, expresado en el análisis espacial mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG) con la descomposición de datos complejos, analizar indicadores específicos y luego sintetizar esta información en mapas temáticos y un mapa integral para obtener una comprensión holística de la distribución de enfermedades. Para ello, se utilizó el método de Evaluación Multi-Criterio, específicamente el Proceso Jerárquico Analítico (AHP),<sup>(12)</sup> para determinar el peso de las variables y la Sumatoria Lineal Ponderada para calcular el índice de vulnerabilidad general por municipio.

Ello permitió el desarrollo del mapa de vulnerabilidad general a la COVID-19, focalizándose en la tasa de prevalencia de enfermedades crónicas no transmisibles: hipertensión arterial, diabetes mellitus, cardiopatía isquémica,

cáncer y asma bronquial en pacientes de 60 y más, los que tienen un mayor riesgo de sufrir complicaciones e incluso fallecer una vez contraída la COVID-19.<sup>(13)</sup>

Los métodos estadísticos descriptivos desempeñaron un papel crucial en el análisis, síntesis y representación de los resultados, en relación con la prevalencia de enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT) y las defunciones.

En adición, se implementó un enfoque estadístico más avanzado, específicamente el modelo de regresión de Poisson con efectos aleatorios de Leroux CAR,<sup>(14)</sup> considerando el número de defunciones y el índice de vulnerabilidad general por municipio.

Se emplearon diversas herramientas digitales en la realización de este estudio, entre las que se incluyen el procesador de hojas de cálculo Microsoft Excel 2016, el Sistema de Información Geográfica (SIG) ArcGIS en su versión 10.6 y el procesador de texto Microsoft Word 2016. Para llevar a cabo el modelo de regresión de Poisson con efectos aleatorios de Leroux CAR se utilizaron herramientas estadísticas y de análisis espacial. En particular, se empleó el paquete de R CAR Bayes especializado en modelos lineales mixtos generalizados espaciales para datos de unidades de área.<sup>(15)</sup>

Los datos recopilados acerca de la población atendida, específicamente la prevalencia de enfermedades según la edad y el municipio, fueron suministrados por la Dirección de Registros Médicos y Estadística del Ministerio de Salud Pública (MINSAP) correspondiente al año 2019. A partir de esta información, se realizó el cálculo de las tasas de prevalencia para cada una de las enfermedades identificadas. La información del número de defunciones por COVID-19 por municipio se obtuvo a partir de los partes diarios realizados por la dirección de Vigilancia en Salud del MINSAP.

La información previamente expuesta puede resumirse en tres etapas:

**Primera etapa:** creación de los mapas temáticos de las tasas de prevalencia.

En la primera etapa de la investigación se llevó a cabo una cuidadosa selección de las enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT) basada en una revisión de la bibliografía especializada. <sup>(5) (3) (4) (6) (2)</sup> Las enfermedades incluidas fueron la hipertensión arterial, la diabetes mellitus, la cardiopatía isquémica, el cáncer y el asma bronquial, además de considerar a las personas de 60 años y más, dado su mayor riesgo ante la COVID-19. <sup>(3)</sup>

Con los datos proporcionados por la Dirección de Registros Médicos y Estadística del Ministerio de Salud Pública (MINSAP) correspondiente al año 2019, se calcularon las tasas de prevalencia por municipio a través de la siguiente fórmula:

$$TPrev = \left( \frac{Cant. pobxenferma}{Cant. PobT} \right) \times 100\,000\, hab$$

Posteriormente, se procedió a transferir los datos por municipio al shapefile correspondiente. En este contexto, los datos se subdividieron en cuatro clases mediante el método estadístico de cortes naturales o Natural Jenks. Cada clase se asignó a una categoría cualitativa que reflejaba el nivel de vulnerabilidad parcial, distribuyéndose en baja, media, alta y muy alta. Esta clasificación proporcionó una base sólida para la representación cartográfica, donde se utilizó la variable de tono, para visualizar de manera efectiva, los diferentes niveles de vulnerabilidad en cada municipio. Este proceso constituye la primera fase esencial para la creación de mapas temáticos detallados que serán fundamentales para lograr el mapa de vulnerabilidad general, resultado de la Evaluación Multicriterio (EMC) por COVID-19.

**Segunda etapa:** creación del mapa de vulnerabilidad general, mediante las técnicas de Evaluación Multi – Criterio (EMC).

Durante la segunda etapa, se ejecutó un procedimiento complejo de varios pasos. En primer lugar, se procedió a la ponderación de las variables por parte



de expertos del grupo evaluador, quienes, basándose en los objetivos de la investigación y su comprensión del proceso de decisión, incorporaron sus juicios mediante el Método de Jerarquías Analíticas (Analytical Hierarchy Process o AHP), también conocido como método de comparación pareada o por pares. <sup>(12)</sup> Este método es ampliamente reconocido, internacionalmente en diversas áreas de toma de decisiones. <sup>(16)</sup> <sup>(17)</sup> Una vez asignados los pesos a cada variable, se procedió a realizar la Sumatoria Lineal Ponderada, una técnica común que requiere la estandarización para permitir la compensación entre los criterios o factores, así como la comparación dentro de una escala común. <sup>(18)</sup> <sup>(19)</sup>

La aplicación de esta técnica se realizó utilizando la herramienta Weighted Sum (Suma ponderada) en el software, la cual multiplica el valor de cada píxel por su peso ponderado asignado. Al sumar los resultados, se obtuvo un modelo en el que los valores mayores indican territorios con un mayor grado de vulnerabilidad a la COVID-19, debido a la presencia de poblaciones con enfermedades crónicas no transmisibles. Posteriormente, esta información fue representada de manera similar a la etapa anterior, esta vez, el índice dividido en cinco rangos: muy baja, baja, media, alta y muy alta.

**Tercera etapa:** análisis de regresión de Poisson con efectos aleatorios y correlación espacial.

En la última etapa, se llevó a cabo un análisis de regresión de Poisson con efectos aleatorios de Leroux CAR para examinar la relación entre las defunciones por COVID-19 y la población, considerando el índice de vulnerabilidad derivado de las tasas de prevalencia de enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT). La estructura del modelo se basó en una probabilidad Poisson con una función de enlace logarítmico y la incorporación de efectos aleatorios espaciales mediante el modelo Leroux CAR. <sup>(14)</sup>

La primera fase del análisis consistió en la clasificación de los grados de vulnerabilidad en cada municipio, asignando valores del 1 al 5. Posteriormente, se llevó a cabo un proceso de correlación en el entorno R. Los resultados del modelo mostraron una asociación significativa entre los niveles de vulnerabilidad y la incidencia de las defunciones por COVID-19.

Para la representación cartográfica, los datos del índice de riesgo relativo se trasladan al shapefile. Posteriormente, siguiendo un procedimiento estadístico similar al empleado en etapas anteriores, se aplican cortes naturales para clasificar los valores en cuatro grupos, que van desde bajo riesgo hasta muy alto riesgo. Esta representación utiliza una escala de cuatro tonos, donde los colores más claros indican niveles de riesgo bajo y medio, mientras que los tonos más oscuros señalan los niveles de riesgo alto y muy alto. Desde una perspectiva geográfica, esta diferenciación territorial permite comprender la distribución de la vulnerabilidad estimada en pacientes con enfermedades crónicas no transmisibles.

### Metodología de la investigación en forma esquemática

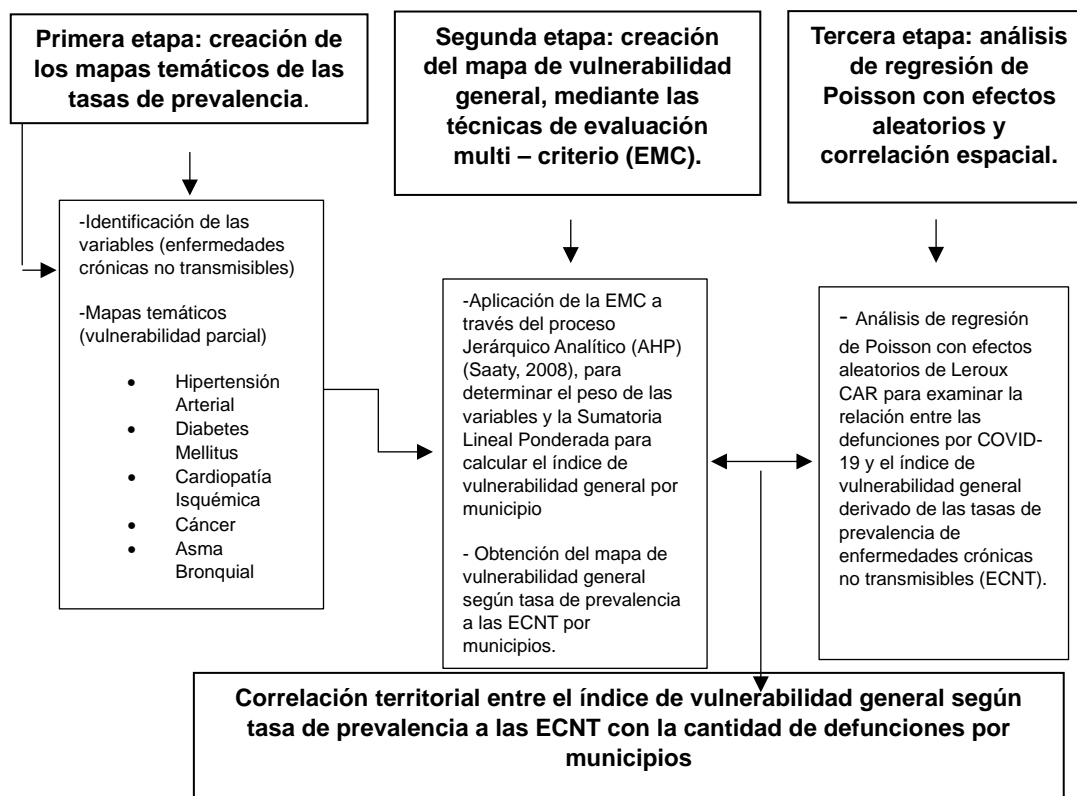


Fig. 1 – Esquema metodológico

## Resultados

La primera etapa resultó en la confección de los cinco mapas temáticos que reflejan la distribución de tasas de prevalencia de ECNT en cada municipio, estos se muestran desde la figura 2 hasta la figura 6 sucesivamente.

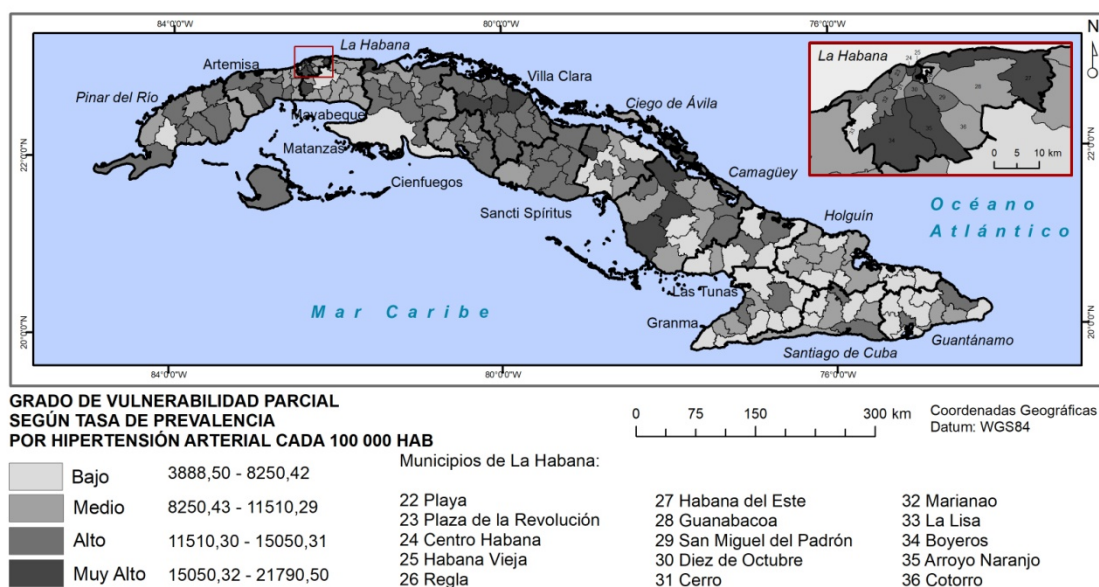
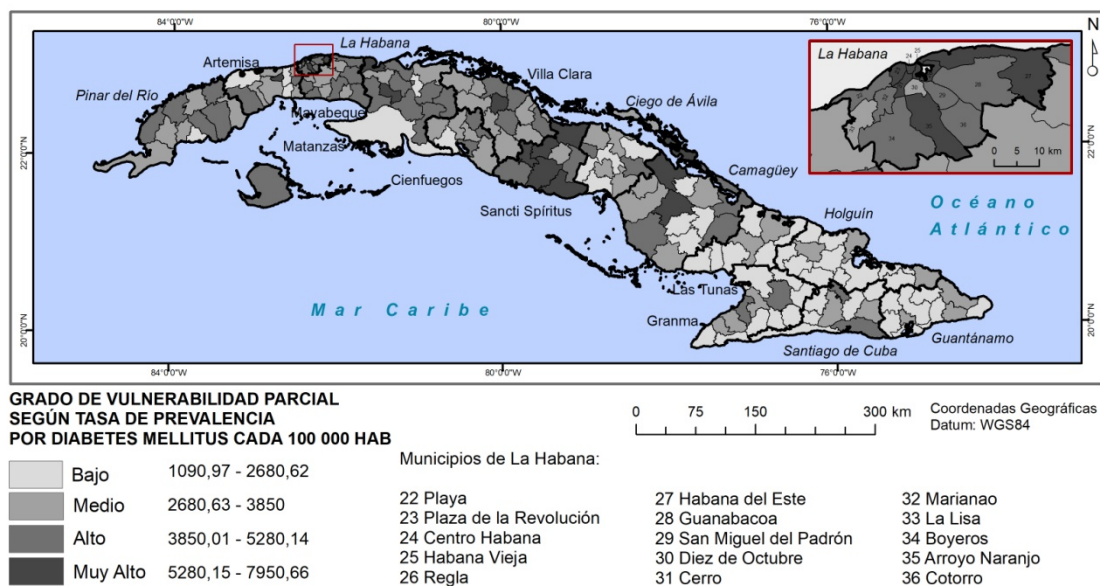
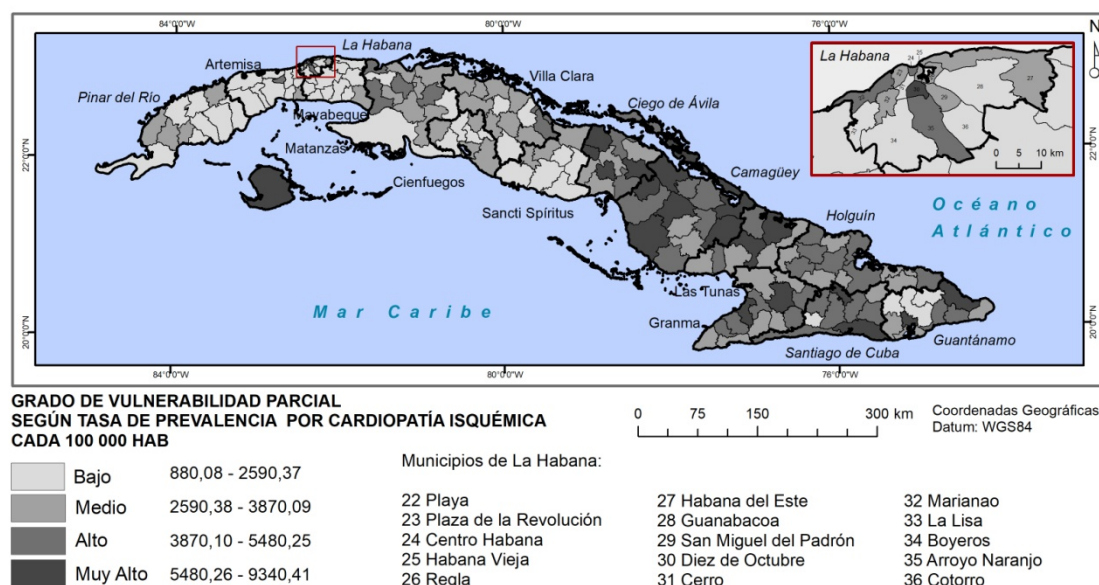


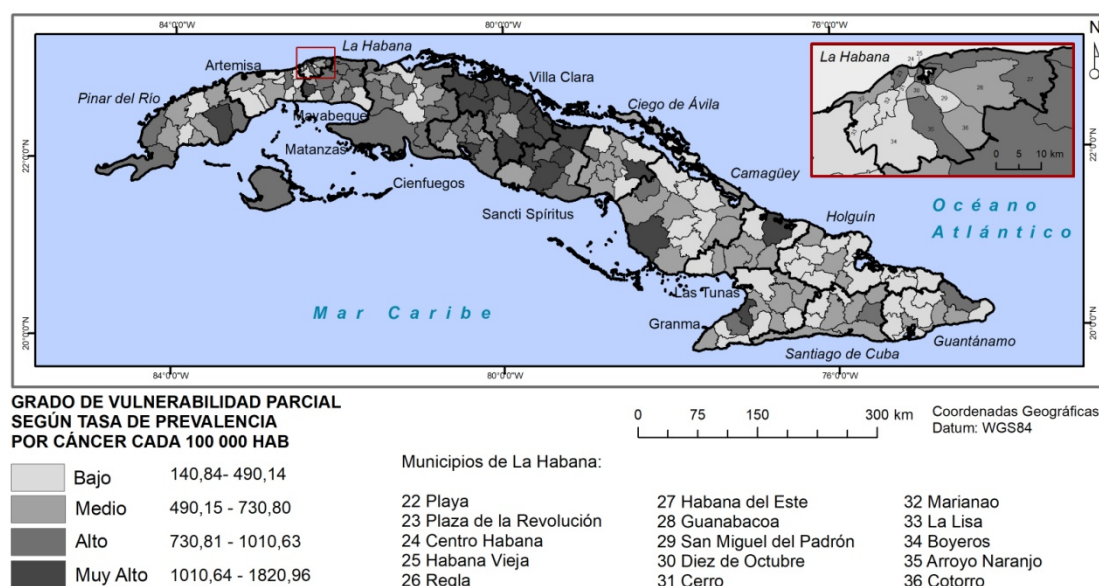
Fig. 2 – Mapas temático de vulnerabilidad parcial según tasa de prevalencia por hipertensión arterial cada 100 000 habitantes. Fuente: Dirección de Registros Médicos y Estadísticas del MINSAP, 2020.



**Fig. 3** – Mapas temático de vulnerabilidad parcial según tasa de prevalencia por diabetes mellitus cada 100 000 habitantes. Fuente: Dirección de Registros Médicos y Estadísticas del MINSAP, 2020.

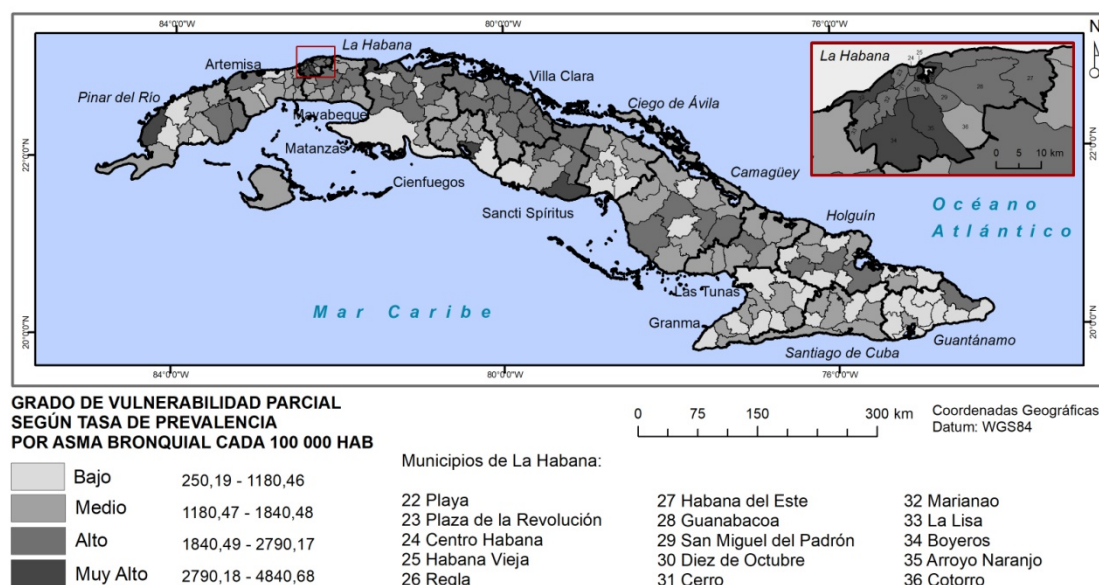


**Fig. 4** – Mapas temático de vulnerabilidad parcial según tasa de prevalencia por cardiopatía isquémica cada 100 000 habitantes. Fuente: Dirección de Registros Médicos y Estadísticas del MINSAP, 2020.



**Fig. 5** – Mapas temático de vulnerabilidad parcial según tasa de prevalencia por cáncer cada 100 000 habitantes. Fuente: Dirección de Registros Médicos y Estadísticas del MINSAP, 2020.





**Fig. 6** – Mapas temático de vulnerabilidad parcial según tasa de prevalencia por asma bronquial cada 100 000 habitantes. Fuente: Dirección de Registros Médicos y Estadísticas del MINSAP, 2020.

Los cinco mapas de vulnerabilidad parcial exhiben los resultados de la distribución de la vulnerabilidad parcial por enfermedades crónicas no transmisibles seleccionadas: hipertensión arterial, diabetes mellitus, cardiopatía isquémica, cáncer y asma bronquial, en pacientes de 60 años y más, clasificándolos en cuatro niveles del grado de vulnerabilidad: bajo, medio, alto y muy alto. De la lectura de los mapas se observa comportamiento diferenciado a lo largo del país para cada enfermedad, con la presencia de diversos niveles de vulnerabilidad. Las cabeceras provinciales, como Camagüey, Santa Clara, Cienfuegos, Santiago de Cuba y los municipios de la provincia de La Habana, se destacan con tonalidades más oscuras, indicando una alta tasa de prevalencia lo que deriva en grados de vulnerabilidad alto y muy alto. En términos territoriales, se identifica un patrón donde los municipios con tonalidades más claras de niveles (bajo y medio) tienden a concentrarse en la región oriental, mientras que aquellos con tonalidades más oscuras (alto y muy alto) predominan en el centro y occidente del país, con la excepción de la cardiopatía isquémica.

Las diferencias territoriales en la vulnerabilidad a las enfermedades crónicas no transmisibles pueden atribuirse a una combinación de factores socioeconómicos, ambientales y de estilo de vida que varían a lo largo de las distintas regiones del país. Elementos como la disponibilidad y acceso a servicios de salud, la prevalencia de factores de riesgo específicos en la población (como el tabaquismo, la alimentación poco saludable, la inactividad física, entre otros), y las condiciones ambientales pueden influir en la distribución geográfica de la vulnerabilidad. Además, factores demográficos, como la densidad poblacional y la distribución por edades, sexo, color de la piel, entre otros, también pueden desempeñar un papel significativo. Un análisis más detallado de estos factores en cada región geográfica específica, podría proporcionar una comprensión más profunda de las disparidades territoriales en la vulnerabilidad a las enfermedades crónicas.

En la segunda etapa se obtiene el mapa de vulnerabilidad general. Este enfoque integral proporcionó una representación detallada y estratificada de la vulnerabilidad en cada municipio. Este mapa de vulnerabilidad general se puede observar en la figura 7.



**Fig. 7.** - Vulnerabilidad general según la tasa de prevalencia a enfermedades crónicas no transmisibles asociadas a pacientes de 60 años y más, por municipios. Fuente: Dirección de Registros Médicos y Estadísticas del MINSAP, 2020.

El mapa de vulnerabilidad general, resultado de la evaluación multicriterio (EMC), se segmenta en cinco rangos distintivos, que van desde muy bajo hasta muy alto. Destaca la prevalencia de tonos oscuros, especialmente concentrados en el centro y occidente del país, reflejando las categorías de alto y medio.

En la categoría de muy bajo grado de vulnerabilidad, se destaca una mayor concentración en la región oriental del país, abarcando un total de 39 municipios. El grado de vulnerabilidad clasificado como medio se distribuye, principalmente en las regiones central y oriental, comprendiendo un total de 30 municipios. Una distribución similar se observa en el grado de vulnerabilidad clasificado como alto, con un total de 45 municipios.

En el extremo opuesto, el grado de muy alto vulnerabilidad incluye 12 municipios, entre ellos las cabeceras provinciales de Camagüey, Matanzas y Villa Clara. En La Habana, cinco municipios, Plaza de la Revolución, Centro Habana, Habana Vieja, Arroyo Naranjo y Habana del Este, presentan este grado, destacando, alguno de estos por sus poblaciones envejecidas (Plaza de la Revolución). Aunque los 15 municipios de La Habana abarcan todos los grados de vulnerabilidad, resulta preocupante que 11 de ellos exhiban niveles de alto y muy alto vulnerabilidad.

Este mapa desempeña un papel crucial en la identificación y comprensión de los niveles de riesgo frente a la COVID-19 en los municipios cubanos. Al evidenciar los territorios con mayor vulnerabilidad general, se proporciona a las autoridades sanitarias herramientas valiosas para la toma de decisiones informadas y la implementación de estrategias preventivas y de intervención específicas.



La tercera etapa de la investigación consistió en la aplicación de un modelo de regresión de Poisson con efectos aleatorios de Leroux CAR. La utilización de este modelo permitió explorar las relaciones entre la vulnerabilidad general, las ECNT y las defunciones por COVID-19 a nivel municipal (Tabla 1).

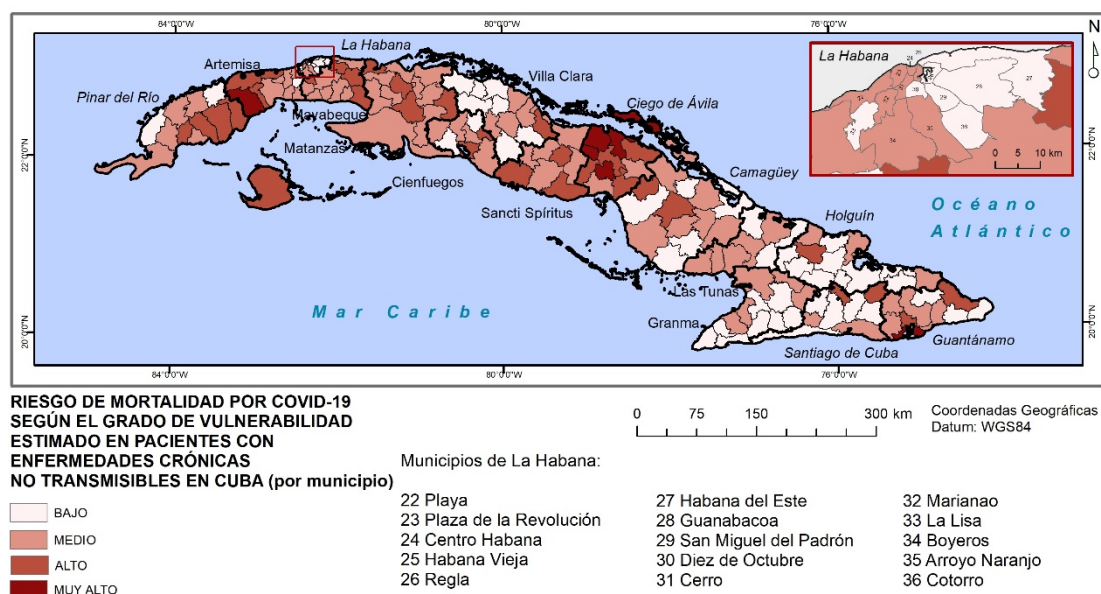
**Tabla 1.** Asociación entre el grado de vulnerabilidad según tasa de prevalencia de enfermedades crónicas con la mortalidad por COVID-19

Grado de Vulnerabilidad	Coeficiente	Riesgo Relativo	IC95 %
Muy bajo	Referencia		
Bajo	0,18	1,20	0,98 – 1,46
Medio	0,25	1,29	1,02 – 1,61
Alto	0,24	1,28	1,04 – 1,55
Muy alto	0,38	1,47	1,10 – 2,04

Fuente: Dirección de Registros Médicos y Estadísticas del MINSAP, 2020.

Los coeficientes del modelo de Poisson son positivos y se incrementan con el aumento de la vulnerabilidad, lo que implica que a medida que aumenta el nivel de vulnerabilidad EMC (de 1 a 5), el riesgo de defunciones, también aumenta. El hecho de que los intervalos de confianza sean mayores que cero, implica que esta asociación encontrada es significativa estadísticamente. En los territorios clasificados como de un grado muy alto de vulnerabilidad el riesgo de mortalidad es 1,47 veces mayor que en los territorios clasificados como de muy bajo grado de vulnerabilidad.

En el modelo se obtiene un tau de 0.76, lo que significa que el 76 % de la variabilidad total en los coeficientes del modelo se debe a las diferencias entre las unidades, mientras que el 24% restante se debe a la variabilidad dentro de cada unidad. O sea, que el modelo captura diferencias sustanciales en el riesgo de defunciones entre los diferentes territorios (municipios). Es de tener en cuenta que, aunque se logra una buena predicción de la mortalidad a partir del índice calculado, otros factores (por ej. del sistema de salud o de comportamientos o relativos a la transmisión y las medidas de control), también inciden en la mortalidad.



**Fig. 8.** –Riesgo de mortalidad por COVID-19 según el grado de vulnerabilidad estimado en pacientes con enfermedades crónicas no transmisibles en Cuba, por municipios. Fuente: Dirección de Registros Médicos y Estadísticas del MINSAP, 2020.

En el contexto de la mortalidad por COVID-19 en Cuba, se observa una notable diferenciación territorial en cuanto al riesgo de mortalidad en los municipios. El occidente y centro del país albergan la mayoría de los municipios con alto y muy alto riesgo, excepto, algunos de la provincia Villa Clara; mientras que los ubicados en el oriente, en las provincias de Holguín, Granma y Santiago de Cuba, presenta una menor concentración de estos niveles de riesgo.

Ciego de Ávila, como provincia, destaca por su elevado riesgo de mortalidad. Cuatro de sus municipios –Ciego de Ávila, Chambas, Florencia y Morón– se encuentran en la categoría de muy alto riesgo. Además, dos municipios fuera de Ciego de Ávila también comparten este grado: San Cristóbal, en la provincia de Artemisa (occidente), y Caimanera, en la provincia de Guantánamo (oriente).

## Discusión

La COVID-19, originada por el virus SARS-CoV-2, ha desencadenado una serie continua de investigaciones desde su identificación en diciembre de 2019, con un enfoque significativo en el análisis espacial y el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG). Diversas investigaciones, se centran en el análisis espacio-temporal para comprender la dispersión de la COVID-19, utilizando herramientas de SIG. Sin embargo, estas investigaciones a menudo pasan por alto las características específicas de la población y los territorios, limitando la precisión en la comprensión del comportamiento de la enfermedad.

(20) (21)

A nivel internacional, estudios en Brasil y Estados Unidos exploran la vulnerabilidad de la población frente a la COVID-19. <sup>(22)</sup> <sup>(23)</sup> En Europa y el Mediterráneo, investigaciones analizan las tasas de morbilidad y mortalidad, destacando las variaciones debido a las políticas individuales de cada país. <sup>(24)</sup> En el contexto cubano, estudios abordan la distribución de casos y la vulnerabilidad de la población, señalando la necesidad de escalas de trabajo más detalladas. <sup>(8)</sup> <sup>(25)</sup> Se destaca también la obra cartográfica de un colectivo de autores, donde se proporciona un análisis detallado de la distribución espacio territorial de casos positivos en La Habana, ofreciendo una visión integral de la situación epidemiológica en dicho territorio. <sup>(26)</sup>

El estudio presenta diversas fortalezas que potencian su calidad y relevancia. En primer lugar, destaca por la adopción de un enfoque geográfico-epidemiológico que enriquece el análisis de la distribución de la COVID-19 al considerar aspectos contextuales. La implementación de herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) constituye otra fortaleza clave, permitiendo una visualización efectiva de los datos y proporcionando una base sólida para el análisis espacial. La aplicación de la evaluación multicriterio (EMC) en la creación del mapa de vulnerabilidad general refuerza el enfoque metodológico al ponderar variables relevantes y ofrecer una evaluación integral.

Además, la inclusión de un análisis de correlación mediante un modelo de regresión de Poisson con efectos aleatorios de Leroux CAR aporta rigor estadístico a la investigación, fortaleciendo la validez de los resultados. La relevancia práctica y aplicabilidad se destacan al resaltar la utilidad de los hallazgos para la toma de decisiones y la posibilidad de replicar los resultados en otros territorios y ciudades del país. Por último, la colaboración con expertos de la Facultad de Geografía de la Universidad de La Habana y el Ministerio de Salud Pública, confiere credibilidad y experiencia al estudio, consolidando su calidad científica. En conjunto, estas fortalezas posicionan al artículo como una valiosa contribución al análisis de la distribución espacial de la vulnerabilidad a la COVID-19 en Cuba.

A pesar de las fortalezas de este estudio, es crucial reconocer ciertas limitaciones que podrían influir en la interpretación de los resultados. Una de ellas se relaciona con los datos procesados, es decir, el estudio se realizó a nivel municipal sin incluir la georreferenciación de los casos, al no contar con la información a este nivel. La ausencia de la georreferenciación de casos limita la capacidad de discernir patrones geográficos más específicos y de realizar evaluaciones detalladas a nivel local.

Esta limitante puede afectar la interpretación de la distribución espacial de la enfermedad y la identificación precisa de áreas con mayor vulnerabilidad. Reconocer esta restricción es esencial para comprender las posibles limitaciones en la generalización de los resultados a escalas geográficas más detalladas y resalta la importancia de futuros esfuerzos para obtener datos georreferenciados que enriquezcan el análisis espacial de la vulnerabilidad.

Otra limitante importante de este estudio radica en la falta de análisis de otras variables de carácter social que podrían enriquecer la evaluación de la vulnerabilidad. Al no incluir factores sociales adicionales, como el acceso a servicios de salud, condiciones de vida, movilidad de la población y factores

socioeconómicos, se podría estar perdiendo una comprensión más completa y precisa de la vulnerabilidad ante la COVID-19.

El análisis de estas variables sociales podría proporcionar una visión más holística de los determinantes subyacentes de la vulnerabilidad y permitiría una identificación más precisa de los grupos de población y áreas geográficas que enfrentan mayores riesgos. La falta de consideración de estos factores sociales puede limitar la capacidad del estudio para ofrecer recomendaciones más específicas y dirigidas a la intervención y prevención en las comunidades afectadas. La inclusión de estas variables en futuras investigaciones, podría mejorar significativamente la calidad y la aplicabilidad de los resultados.

En este estudio, se llevaron a cabo diversas etapas como parte del procedimiento metodológico, para analizar la vulnerabilidad a la COVID-19 en Cuba, centrándose en la prevalencia de enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT). Se crearon mapas temáticos de las tasas de prevalencia de ECNT y un mapa de vulnerabilidad general, utilizando técnicas de Evaluación Multi-Criterio (EMC). Los resultados mostraron un patrón geográfico heterogéneo en la distribución de la vulnerabilidad general a nivel municipal, destacándose territorios con alto y muy altos valores, especialmente en el centro y occidente del país.

La correlación entre las defunciones por COVID-19 y el índice de vulnerabilidad reveló patrones de interés, respaldados por un modelo de regresión de Poisson con efectos aleatorios de Leroux CAR. La metodología utilizada proporcionó una herramienta efectiva para la toma de decisiones y podría ser implementada en otros territorios. Sin embargo, se reconocieron algunas limitaciones, como la falta de análisis detallado de otros indicadores, y se destacó la importancia de considerar estos aspectos para una evaluación más completa de la vulnerabilidad.

Como recomendaciones, se sugiere realizar investigaciones más detalladas que incluyan análisis de otros indicadores sociales, para enriquecer la comprensión de la vulnerabilidad. Además, se podría explorar la aplicación de la metodología en otros territorios para evaluar la generalización de los resultados. La implementación de medidas preventivas y de intervención específicas en los territorios identificados como más vulnerables, podría contribuir, de forma más eficaz a la gestión de la pandemia. Este estudio sienta las bases para futuras investigaciones y acciones prácticas que aborden de manera integral la vulnerabilidad a la COVID-19 en contextos geográficos específicos ante situaciones epidemiológicas similares.

## Conclusiones

La vulnerabilidad a las ECNT presenta una distribución territorial diferenciada en Cuba, con mayores niveles de vulnerabilidad en los municipios del centro y occidente del país. Este patrón sugiere que las intervenciones en salud pública deben ser territorialmente focalizadas, considerando las especificidades de cada territorio, con el fin de mitigar las defunciones por COVID-19 y

Los municipios identificados con alta y muy alta vulnerabilidad, especialmente en La Habana y cabeceras provinciales como Camagüey y Matanzas, deben ser prioritarios en la implementación de políticas de salud pública. La concentración de ECNT en estos territorios resalta la necesidad de reforzar los sistemas de salud, mejorar el acceso a servicios médicos y promover programas de prevención y control de factores de riesgo más efectivos.

La aplicación del modelo de regresión de Poisson con efectos aleatorios de Leroux CAR demostró una correlación estadísticamente significativa entre la vulnerabilidad general por ECNT y las defunciones por COVID-19. Los coeficientes positivos indican que el incremento en la vulnerabilidad EMC se asocia con un aumento en el riesgo de mortalidad. Este resultado subraya la importancia de integrar el manejo de las ECNT en la estrategia nacional de

respuesta a la pandemia, dado que la vulnerabilidad a estas enfermedades influye directamente en la mortalidad por COVID-19.

## Referencias bibliográficas

1. OMS. COVID-19: cronología de la actuación de la OMS. 2020. Disponible en: <https://www.who.int/es/news/item/27-04-2020-who-timeline---covid-19>
2. Yang Y, Lu QB, Liu MJ, Wang YX, Zhang AR, Jalali N, et al. Epidemiological and clinical features of the 2019 novel coronavirus outbreak. medRxiv 2020.02.10.20021675; DOI: <https://doi.org/10.1101/2020.02.10.20021675>
3. Guan W. Clinical characteristics of coronavirus disease. 2019:1708-1720.
4. Richardson S, Hirsch JS, Narasimhan M, Crawford JM, McGinn T, Davidson KW, et al. Presenting characteristics, comorbidities, and outcomes among 5700 patients hospitalized with COVID-19 in the New York City area. JAMA. 2020;323(20):2052–2059. DOI: <https://doi.org/10.1001/jama.2020.6775>
5. Danser AJ, Epstein M, Batlle D. Renin-angiotensin system blockers and the COVID-19 pandemic: at present there is no evidence to abandon renin-angiotensin system blockers. Hypertension. 2020;75(6):1382-1385.
6. Serra Valdés M, Serra Ruíz M, Viera García M. Las enfermedades crónicas no transmisibles: magnitud actual y tendencias futuras. Revista Finlay. 2018;8(2):140-148.
7. Garzón Paz JE. La actual geografía de la salud, los sistemas de información geográfica y su aplicación teórico-práctica en el manejo de la pandemia a causa del Covid-19. Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales. 2021. Disponible en: <https://repository.udca.edu.co/handle/11158/3960>
8. León-Brito AL, Pérez-Rodríguez N, Oviedo-Álvarez V, Brito-O'Reilly M. Población avileña vulnerable a mal pronóstico ante la COVID-19 según prevalencia de

- enfermedades no transmisibles. MediCiego. 2021;27(1):1-17. Disponible en: <https://revmediciego.sld.cu/index.php/mediciego/article/view/2289>
9. Lopez Quintero EJ, Mancilla Hernandez LN. Mapeo de contagios de SARS-COV-2 y análisis del riesgo relativo con enfoque poisson para el periodo de marzo de 2020 a marzo del 2021 en Colombia. [Internet]. 2021. [Citado: 2025, febrero] Disponible en: <http://hdl.handle.net/11349/26742>
10. Qin L, Corpeleijn E, Jiang C, Thomas GN, Schooling CM, Zhang W, Cheng KK, Leung GM, Stolk RP, Lam TH. Physical activity, adiposity, and diabetes risk in middle-aged and older Chinese population: the Guangzhou Biobank Cohort Study. Diabetes Care. 2010 Nov;33(11):2342-8. DOI: <https://10.2337/dc10-0369>
11. Rodríguez NP, Noa RR, Reyes AT, Miranda AV, Lorenzo JMF, Álvarez VO, et al. Distribution of the population vulnerable to COVID-19 in Havana, Cuba. Revista Cubana de Higiene y Epidemiología. 2020;57(1):1-17. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1561-30032020000100007](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032020000100007)
12. Saaty TL. Decision making with the analytic hierarchy process. International journal of services sciences. 2008;1(1):83-98.
13. Peña García Y, Suárez Padilla A, Arruebarrena Blanco NM. Caracterización de casos positivos y sospechosos de COVID-19 con comorbilidades. Revista Finlay. 2020;10(3):314-319. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2221-24342020000300314](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2221-24342020000300314)
14. Leroux B, Lei X, Breslow N. Estimation of Disease Rates in Small Areas: A New Mixed Model for Spatial Dependence. In: Halloran M, Berry D, editors. Statistical Models in Epidemiology, the Environment and Clinical Trials. Springer-Verlag; 2000. p. 179-191.
15. Lee D, Rushworth A, Napier G, Sahu SK. CARBayes: An R package for Bayesian spatial modeling with conditional autoregressive priors. Journal of Statistical Software. 2016;74(13):1-24.



16. Malczewski J. GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature. *International journal of geographical information science*. 2006;20(7):703-726. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/13658810600661508>
17. Ramírez M. El método de jerarquías analíticas de Saaty en la ponderación de variables. Aplicación al nivel de mortalidad y morbilidad en la provincia del Chaco. *Comunicaciones Científicas y Tecnológicas*. 2004:1-4.
18. Barner KE, Sarhan AM, Hardie RC. Partition-based weighted sum filters for image restoration. *IEEE Transactions on Image Processing*. 1999;8(5):740-745.
19. Triantaphyllou E, Sánchez A. A sensitivity analysis approach for some deterministic multi-criteria decision-making methods. *Decision Sciences*. 1997;28(1):151-194.
20. Buzai GD. De Wuhan a Luján. Evolución espacial del COVID-19. Posición [Internet]. 17 de abril de 2020;(3):1-21. Disponible en: <https://posicion-inigeo.unlu.edu.ar/posicion/article/view/131>
21. Desjardins MR, Hohl A, Delmelle EM. Rapid surveillance of COVID-19 in the United States using a prospective space-time scan statistic: Detecting and evaluating emerging clusters. *Applied geography*. 2020;118:102202.
22. Fortaleza CM, Guimarães RB, de Almeida GB, Pronunciate M, Ferreira CP. Taking the inner route: spatial and demographic factors affecting vulnerability to COVID-19 among 604 cities from inner São Paulo State, Brazil. *Epidemiology & Infection*. 2020;148.
23. Kiaghadi A, Rifai HS, Liaw W. Assessing COVID-19 risk, vulnerability, and infection prevalence in communities. *PLoS One*. 2020;15(10): e0241166. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0241166>
24. Grassi JEA, Herrera LC, Bianchi G, Grassi HC, Hernández JYL, Mantilla HAT. Análisis espacial de riesgo de morbilidad y mortalidad por COVID-19 en Europa

y el Mediterráneo en el año 2020. Cuadernos geográficos de la Universidad de Granada. 2021;60(1):279-294.

25. Lorenzo Luaces P, Torres-Reyes AA, Fonte P, Pérez Rodríguez N, Sánchez Valdés L. Análisis espacial de la incidencia de COVID-19 en pequeñas áreas geográficas en Cuba. INFODIR [Internet]. 19 de diciembre de 2020. Disponible en: <https://revinfodir.sld.cu/index.php/infodir/article/view/1054>

26. Qin L, Corpeleijn E, Jiang C, Thomas GN, Schooling CM, Zhang W, et al. Physical activity, adiposity, and diabetes risk in middle-aged and older Chinese population: the Guangzhou Biobank Cohort Study. Diabetes Care. 2010;33(11):2342-2348.

### **Conflicto de intereses**

Los autores no declaran conflicto de intereses

### **Declaración de autoría**

*Conceptualización:* Alejandro Felipe Veranes Miranda, Lisset Sánchez Valdéz, Nancy Pérez Hernández, Ricardo Remond Noa, Pedro Más Bermejo, Pascal Handschumacher y Erik A. Sauleau.

*Curación de datos:* Alejandro Felipe Veranes Miranda y Lisset Sánchez Valdéz.

*Análisis formal:* Alejandro Felipe Veranes Miranda y Lisset Sánchez Valdéz.

*Investigación:* Alejandro Felipe Veranes Miranda, Lisset Sánchez Valdéz, Nancy Pérez Hernández, Ricardo Remond Noa.

*Metodología:* Alejandro Felipe Veranes Miranda, Lisset Sánchez Valdéz, Nancy Pérez Hernández, Ricardo Remond Noa, Pedro Más Bermejo, Pascal Handschumacher y Erik A. Sauleau.

*Software:* Alejandro Felipe Veranes Miranda, Lisset Sánchez Valdéz y Ricardo Remond Noa.

*Supervisión:* Pedro Más Bermejo, Erik A Sauleau y Pascal Handschumacher.

*Redacción-borrador original:* Alejandro Felipe Veranes Miranda y Lisset Sánchez Valdéz.

*Redacción-revisión y edición:* Nancy Pérez Rodríguez, Ricardo Remond Noa, Pedro Más Bermejo, Pascal Handschumacher y Erik A. Sauleau.