



# GEOGRAFÍA DE LA SALUD EN PANDEMIA

Métodos de análisis espacial  
en el estudio de la COVID-19

MARCELA VIRGINIA SANTANA JUÁREZ  
GUSTAVO D. BUZAI  
GIOVANNA SANTANA CASTAÑEDA  
Coordinadores



Universidad Autónoma  
del Estado de México



Doctor en Ciencias e Ingeniería Ambientales

**Carlos Eduardo Barrera Díaz**

*Rector*

Doctor en Ciencias Computacionales

**José Raymundo Marcial Romero**

*Secretario de Docencia*

Doctora en Ciencias Sociales

**Martha Patricia Zarza Delgado**

*Secretaria de Investigación y Estudios Avanzados*

Doctor en Ciencias de la Educación

**Marco Aurelio Cienfuegos Terrón**

*Secretario de Rectoría*

Doctora en Humanidades

**María de las Mercedes Portilla Luja**

*Secretaria de Difusión Cultural*

Doctor en Ciencias del Agua

**Francisco Zepeda Mondragón**

*Secretario de Extensión y Vinculación*

Doctor en Educación

**Octavio Crisóforo Bernal Ramos**

*Secretario de Finanzas*

Doctora en Ciencias Económico Administrativas

**Eréndira Fierro Moreno**

*Secretaria de Administración*

Doctora en Ciencias Administrativas

**María Esther Aurora Contreras Lara Vega**

*Secretaria de Planeación y Desarrollo Institucional*

Doctora en Derecho

**Luz María Consuelo Jaimes Legorreta**

*Abogada General*

Doctora en Ciencias de la Educación

**Yolanda Eugenia Ballesteros Senties**

*Secretaria Técnica de la Rectoría*

Licenciada en Comunicación

**Ginarely Valencia Alcántara**

*Directora General de Comunicación Universitaria*

Doctor en Ciencias Sociales

**Luis Raúl Ortiz Ramírez**

*Director General de Centros Universitarios y*

*Unidades Académicas Profesionales / A*

Doctora en Ciencias de la Educación

**Sandra Chávez Marín**

*Directora General de Centros Universitarios y*

*Unidades Académicas Profesionales / B*

GEOGRAFÍA DE LA SALUD EN PANDEMIA  
Métodos de análisis espacial en el estudio de la COVID-19

DIRECCIÓN DE PUBLICACIONES UNIVERSITARIAS  
*Editorial de la Universidad Autónoma del Estado de México*

Doctor en Ciencias e Ingeniería Ambientales

**Carlos Eduardo Barrera Díaz**

*Rector*

Doctora en Humanidades

**María de las Mercedes Portilla Lujá**

*Secretaria de Difusión Cultural*

Doctor en Administración

**Jorge Eduardo Robles Alvarez**

*Director de Publicaciones Universitarias*

FACULTAD DE GEOGRAFÍA

Doctor en Geografía

**Rodrigo Huitrón Rodríguez**

*Director*

Maestro en Geografía

**Juan Carlos Garatachia Ramírez**

*Subdirector Académico*

Licenciado en Administración de Empresas

**Alfredo Ochoa Mora**

*Subdirector Administrativo*

# GEOGRAFÍA DE LA SALUD EN PANDEMIA

## Métodos de análisis espacial en el estudio de la COVID-19

MARCELA VIRGINIA SANTANA JUÁREZ

GUSTAVO D. BUZAI

GIOVANNA SANTANA CASTAÑEDA

Coordinadores



Universidad Autónoma del Estado de México



*“Año 2022, Celebración de los 195 Años de la Apertura de las Clases en el Instituto Literario”*

Geografía de la salud en pandemia : métodos de análisis espacial en el estudio de la COVID-19 / Marcela Virginia Santana Juárez, Gustavo D. Buzai, Giovanna Santana Castañeda, coordinadores.

1ª ed.

Toluca, Estado de México : Universidad Autónoma del Estado de México, 2022.  
[253 p : il, mapas ; cm.]

ISBN: 978-607-633-558-1

Incluye referencias bibliográficas.

1. Geografía médica.
2. COVID 19 -- Distribución territorial.

- I. Santana Juárez, Marcela Virginia, coord.
- II. Buzai, Gustavo D., coord.
- III. Santana Castañeda, Giovanna, coord.

RA792 .G46 2022

Este libro fue positivamente dictaminado con el aval de dos revisores externos, conforme al Reglamento de la Función Editorial de la UAEMéx.

Primera edición, noviembre 2022

## GEOGRAFÍA DE LA SALUD EN PANDEMIA

Métodos de análisis espacial en el estudio de la COVID-19

Marcela Virginia Santana Juárez | Gustavo D. Buzai | Giovanna Santana Castañeda  
Coordinadores

Universidad Autónoma del Estado de México

Av. Instituto Literario 100 Ote., Col. Centro

Toluca, Estado de México

C.P. 50000

Tel: (52) 722 481 18 00

<http://www.uaemex.mx>

Registro Nacional de Instituciones y Empresas Científicas y Tecnológicas (Reniecyt: 1800233)



Esta obra está sujeta a una licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Sin Derivadas 4.0 Internacional. Los usuarios pueden descargar esta publicación y compartirla con otros, pero no están autorizados a modificar su contenido de ninguna manera ni a utilizarlo para fines comerciales. Disponible para su descarga en acceso abierto en: <http://ri.uaemex.mx>

ISBN: 978-607-633-558-1

Hecho en México

Director del equipo editorial: Jorge Eduardo Robles Alvarez

Coordinación editorial: Ixchel Edith Díaz Porras

Corrección de estilo: M. Rosario Arias R.

Gestión de diseño: Liliana Hernández Vilchis

Formación: Elizabeth Vargas Albarrán

Diseño de portada: Luis Alberto Maldonado Barraza



## CONTENIDO

PRESENTACIÓN	11
DISTRIBUCIÓN	
La técnica de análisis de cuadrantes aplicada a COVID-19 <i>Manuel Fuenzalida Díaz</i>	19
Variabilidad espacial de la tasa de mortalidad de COVID-19 en México mediante la aplicación de la GWR <i>Christian Sánchez Carrillo</i> <i>Giovanna Santana Castañeda</i> <i>Marcela Virginia Santana Juárez</i>	33
Regionalización de la cuenca del río Luján con base en la evolución espacial de casos de COVID-19 en municipios durante 2020, análisis <i>cluster</i> e influencia de la pobreza <i>Gustavo D. Buzai</i>	53
CONCENTRACIÓN	
Contagiados por COVID-19: Análisis de índices de concentración espacial en los municipios de la cuenca del río Luján durante el año 2020 <i>Claudia A. Baxendale</i>	75
Análisis espacial de densidad de contagios de COVID-19 mediante estimadores <i>Kernel</i> <i>Luis Humacata</i>	95

## EXPLORACIÓN

- Análisis exploratorio de datos espaciales vinculados a la COVID-19  
en los partidos de la cuenca del río Luján 111  
*Noelia Principi*

## TENDENCIAS

- Análisis de la evolución espacial de COVID-19 en la cuenca del río Luján  
a partir de cálculos de tendencia central y dispersión. Año 2020 129  
*Sonia L. Lanzelotti*

- Tendencia espacial de la morbilidad y mortalidad por COVID-19  
en México a un año de la pandemia 147  
*Iliana Villerias Alarcón*  
*María del Carmen Juárez Gutiérrez*

## VULNERABILIDAD

- Distribución espacial de la vulnerabilidad ante COVID-19 en los municipios  
de la cuenca del río Luján. Metodología para la construcción cuantitativa  
de un índice sintético de vulnerabilidad 165  
*Eloy Montes Galbán*

- Vulnerabilidad y afectación poblacional ante el SARS-CoV-2  
en los municipios del Estado de México 195  
*José Francisco Monroy Gaytán*  
*María Milagros Campos Vargas*  
*Cuaubili Flores Lara*

## RELACIONES POBLACIONALES, AMBIENTALES Y TECNOLÓGICAS

Los niveles de acceso a las TIC en Acapulco, Guerrero (México): COVID-19  
y los desafíos de un modelo educativo virtual 209

*Nestali García Castro*

*Yuridia Lozano Peñaloza*

Cartografía del derecho de accesibilidad de las personas  
con discapacidad en México ante la pandemia 227

*Eska Elena Solano Meneses*



## PRESENTACIÓN

A finales del año 2019, en Wuhan, China, se originó un fenómeno natural y social inesperado que fue el nuevo coronavirus COVID-19; para el 11 de marzo de 2020 la Organización Mundial de la Salud (OMS) lo declaró una pandemia. En tres meses se expandió prácticamente en todas las regiones del mundo, causando los mayores estragos en las grandes ciudades.

Al día 31 de julio de 2021, de acuerdo con los datos de la Universidad Johns Hopkins, se registraron 197 757 625 casos acumulados, 4 215 715 defunciones y 4 078 649 226 dosis de vacunas administradas. Desde entonces, las ciencias como la medicina y la epidemiología avanzan vertiginosamente, con aportes en el desarrollo de vacunas antiCOVID-19 en tiempo récord en la historia de la humanidad (a un año del origen de la pandemia).

En este contexto, la Geografía comenzó a ocupar un lugar de consideración relevante al brindar la posibilidad de contar con desarrollos teóricos y metodológicos para conocer, analizar y comprender la dinámica territorial de la pandemia de la COVID-19.

El espacio geográfico se ha tornado fundamental, en la generación de diversas plataformas en la web a diversas escalas: mundiales, nacionales y locales, que muestran cartografía en tiempo real sobre la expansión espacio temporal de la pandemia, la vulnerabilidad social y los riesgos. También se ha elaborado una plétora de publicaciones: artículos, capítulos de libros y libros, así como la realización de eventos académicos virtuales en contextos nacionales e internacionales, teniendo sinergias en el conocimiento territorial de la pandemia: causas, efectos, tendencias y escenarios, generación de cartografía en tiempo real, desarrollo de metodologías innovadoras, empleando métodos y técnicas tanto cuantitativas como cualitativas, en los que también son de relevancia las aplicaciones de las geotecnologías, *big data*, minería de datos, los Sistemas de Información Geográfica (SIG), Sistemas de Ayuda a las Decisiones Espaciales (SADE), el empleo de la programación, la estadística espacial, la generación de diversas plataformas en la web sobre la vulnerabilidad ante la COVID-19, para el monitoreo y seguimiento de la pandemia, etc., que apoyan en la

obtención de masas de datos, procesamiento y generación de conocimiento útil para la toma de decisiones en los campos de las políticas públicas, planeación y ordenación territorial, urbana —rural y regional, riesgos a la salud, entre tantos otros—.

El comportamiento espacio temporal de la pandemia de la COVID-19 se ha presentado en forma heterogénea en cada región y país, de acuerdo con los contextos sociodemográfico y económico.

En este marco es que se origina el presente libro: *Geografía de la salud en pandemia: métodos de análisis espacial en el estudio de la COVID-19*, como una respuesta que une los aportes desde la Geografía y la Geoinformática, cuyo propósito es compartir experiencias entre los académicos de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM) y de la Universidad Nacional de Luján (UNLU), así como de invitados especiales de otras latitudes, mediante trabajos en el área del conocimiento de la Geografía de la salud, que abordan los métodos de análisis espacial y el empleo de geotecnologías. También se cuenta con investigaciones de colegas invitados de la Universidad de Buenos Aires, la Universidad Alberto Hurtado, la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y la Universidad Autónoma de Guerrero (UAGro).

La presente obra contempla 12 estudios de diferentes latitudes de América Latina: Argentina, México y Chile, que giran en torno a seis temáticas: 1) distribución, 2) concentración, 3) exploración, 4) tendencias, 5) vulnerabilidad, y 6) relaciones poblacionales, ambientales y tecnológicas.

En la temática de distribución se incluyen tres trabajos. Manuel Fuenzalida Díaz abre este libro abordando la técnica de análisis de cuadrantes aplicado a la COVID-19, en la que explica que ésta superpone un conjunto regular de celdas en un área de estudio y se determina el número de puntos en cada celda. El análisis de cuadrantes es una técnica diseñada para medir propiedades de los patrones de puntos. El autor aplica esta técnica en 16 espacios urbanos de Chile. Fuenzalida señala que la utilización de la técnica de análisis de cuadrantes reveló que la distribución geográfica de los casos PCR+ o probables para COVID-19, no siguen un modelo de distribución aleatorio o regular.

Christian Sánchez, Giovanna Santana y Marcela Santana plantean la variabilidad geográfica de la tasa de mortalidad por COVID-19 en México, mediante el método de Regresión Ponderada Geográficamente (GWR, por sus siglas en inglés), en el que se consideraron seis indicadores que son significativos estadísticamente, de acuerdo con la técnica de regresión lineal múltiple, Mínimos cuadrados ordinarios, (OSL, Ordinary

Least Squares, por sus siglas en inglés). Algunos de los hallazgos encontrados por los autores evidencian que los valores  $R^2$  locales (a nivel de municipio) reflejan rendimiento diferenciado del modelo GWR, que podrían explicar 53% de las variaciones de las tasas de mortalidad por COVID-19 en México.

En la investigación de Gustavo D. Buzai se presenta la aplicación del método de análisis *cluster* como base de clasificación para determinar el comportamiento espacio-temporal de los casos de COVID-19 en la cuenca del río Luján durante el año 2020. El objetivo de esta investigación es incorporar la aplicación de estadística multivariada a través del método al estudio de datos correspondientes a la evolución espacial y temporal de la COVID-19 en un espacio regional. Entre los resultados que presenta el autor, indica el nivel de semejanza en el comportamiento evolutivo de los datos mediante la correlación bivariada entre meses, el cual genera una regionalización basada en el comportamiento de la evolución total en la extensión del período.

Los dos trabajos siguientes siguen el hilo conductor de la temática de la concentración. Claudia Baxendale inicia con el estudio de contagiados por COVID-19: análisis de índices de concentración espacial en los municipios de la cuenca del río Luján durante el año 2020, presenta la metodología, cálculo y análisis de los Índices de Concentración Espacial Global (ICEG), curvas de Lorenz e Índices de Concentración Espacial Areal (ICEA). La autora planteó las siguientes preguntas de investigación que guiaron el desarrollo del estudio: ¿Hubo concentración espacial de los casos?, ¿cómo fue la evolución?, ¿cuáles fueron los municipios donde se produjeron las mayores concentraciones espaciales con los mayores valores?

En el trabajo de Luis Humacata se muestra el análisis espacial de densidad de contagios de COVID-19 mediante estimadores Kernel, orientado a la modelización cartográfica de densidades continuas, considerándose valores absolutos y relativos de casos confirmados de COVID-19 en los municipios de la cuenca del río Luján (Argentina). El autor señala que los resultados obtenidos indican una fuerte tendencia de concentración espacial de contagios en las áreas urbanas de mayor densidad poblacional.

En la temática de exploración está inmerso el trabajo de Noelia Principi, titulado “Análisis exploratorio de datos espaciales vinculados a la COVID-19 en los partidos de la cuenca del río Luján” que se realiza a partir de la interacción entre bases de datos alfanuméricos, gráficas y cartografía digital. La autora señala que en función

del análisis univariado, bivariado y trivariado fue posible identificar y analizar la estructura de la distribución y asociación espacial entre las variables consideradas.

Las siguientes dos investigaciones se enmarcan en la temática de tendencias, Sonia Lanzelotti presenta el análisis de la evolución espacial de COVID-19 en la cuenca del río Luján, que, con base en los cálculos de tendencia central y dispersión del año 2020, utilizó métodos centrográficos. Noelia Principi expone los fundamentos de los cálculos de centralidad y dispersión (centro medio simple, centro medio ponderado, elipse de dispersión) y detalla los pasos para su resolución con Sistemas de Información Geográfica.

Iliana Villerías Alarcón y María del Carmen Juárez desarrollaron la tendencia espacial de la morbilidad y mortalidad por COVID-19 en México a un año de la pandemia. El método utilizado fue una estadística no paramétrica, llamada tendencia monótona de Mann-Kendall, mostrando espacialmente las tendencias ya sean en aumento o decremento, así como su intensidad. Las autoras concluyen que el comportamiento espacio temporal de la pandemia por COVID-19 a un año, presenta una variabilidad en el tiempo y espacio, y la metodología empleada permitió identificar aquellos territorios vulnerables donde los casos y la mortalidad siguen incrementándose a un ritmo acelerado.

En la temática de vulnerabilidad, Eloy Montes expone un trabajo relacionado con la distribución espacial de la vulnerabilidad en presencia de la COVID-19 en los municipios de la cuenca del río Luján. Asimismo, propone una estrategia metodológica de tipo aditiva/ponderada que permite la construcción de un índice sintético de vulnerabilidad a través de la integración de factores que componen la vulnerabilidad ante COVID-19. El autor desarrolló el índice de vulnerabilidad a partir de dos componentes, por un lado, aquel que considera los aspectos de la vulnerabilidad en los sistemas de vida, es decir, las “condiciones de vida de la población” y, por otro, la vulnerabilidad en los aspectos de protección social, el cual corresponde a las medidas tomadas por el Estado, en este caso para hacer frente a la pandemia que para los efectos se denominó “capacidad de prevención y respuesta”.

En esta investigación José Francisco Monroy, María Milagros Campos y Cuauhtli Flores, abordan la vulnerabilidad y afectación poblacional en los municipios del Estado de México. Los autores presentan una perspectiva sobre el riesgo de pandemia de COVID-19 a través de la construcción y análisis de la distribución espacial de la población que se considera vulnerable por su estado de salud al tener una o más

comorbilidades previas: obesidad, diabetes e hipertensión. También muestran un modelo econométrico de mínimos cuadrados ordinarios, de comorbilidades y tasa de defunción a nivel municipal, logrando obtener los resultados de las comorbilidades más relevantes y con mayor impacto a nivel municipal dentro de la población residente de cada municipio.

Respecto a la temática de relaciones poblacionales, ambientales y tecnológicas, se incluye el trabajo de Neftalí García y Yuridia Lozano, en el cual se abordan los niveles de acceso a las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en Acapulco, Guerrero, México, en la pandemia de la COVID-19, y los desafíos de un modelo educativo virtual. El objetivo es analizar desde la perspectiva territorial el acceso diferenciado de la población acapulqueña a las TIC, y el papel de éstas como limitante para el desarrollo de las actividades escolares de manera remota. Los autores concluyen que 50% de la población que asiste a la escuela habita en demarcaciones con acceso alto y muy alto a las TIC; 40.8% en unidades espaciales con condición media, y menos de 10% en jurisdicciones con condición baja y muy baja.

Finalmente, Eska Solano estudia la cartografía del derecho de accesibilidad de las personas con discapacidad (PcD) en México ante la pandemia. La autora propone un modelo de activismo social para enfrentar la situación de las PcD, contando con la participación clave de las instituciones universitarias que integren los diferentes sectores de la sociedad e insten a los gobiernos a la operatividad de sus demandas.

Este libro recoge planteamientos teórico conceptuales, métodos y técnicas de análisis espacial y geográficos en torno a la pandemia de COVID-19, de diversos contextos territoriales a variadas escalas, desde las nacionales hasta las locales, por lo que brinda un panorama de investigaciones en el campo de la Geografía de la salud y de la geoinformática, aportando elementos territoriales para la toma de decisiones que dan muestra del avance de estas ciencias al servicio de nuestra sociedad.

Exhortamos a la comunidad académica, a los estudiantes, a los tomadores de decisiones y a la sociedad en general a que estudien este libro, que es el fruto del esfuerzo comprometido de colegas de universidades hermanas.

Agradecemos a los autores por sus valiosas contribuciones que en conjunto logramos para el término de esta obra; a los estudiantes quienes nos motivan a continuar con estas nobles tareas que son la docencia, investigación y difusión, y

también apreciamos a nuestras sociedades que sin distinción hemos estado viviendo un evento extraordinario como lo es la pandemia de COVID-19.

*Marcela Santana*  
*Gustavo D. Buzai*  
*Giovanna Santana*

# DISTRIBUCIÓN



# LA TÉCNICA DE ANÁLISIS DE CUADRANTES APLICADA A COVID-19

*Manuel Fuenzalida Díaz\**

## RESUMEN

El estudio de las distribuciones espaciales tiene que ver con la frecuencia diferencial con que un hecho geográfico se produce en el territorio, por lo tanto, sus densidades varían. La técnica de análisis de cuadrantes superpone un conjunto regular de celdas en un área de estudio y se determina el número de puntos en cada celda. Al analizar la distribución de las frecuencias en cada celda, puede describirse la disposición del patrón de puntos. Metodológicamente, se detallan los supuestos que intervienen en la construcción de cuadrantes de 1 kilómetro cuadrado, la utilización del *Geoalgoritmo* “contar puntos en polígonos” y el cálculo del estadístico relación varianza-media.

La utilización de la técnica de análisis de cuadrantes reveló que la distribución geográfica de los casos PCR + o probables para COVID-19 no siguen un modelo de distribución aleatorio o regular. Por el contrario, al presentar un modelo de distribución agrupado, pone de manifiesto la necesidad de que los tomadores de decisiones en materia sanitaria determinen inteligentemente el tipo y la complejidad de las medidas para cada sector de una ciudad.

## ABSTRACT

The study of spatial distributions has to do with the dissimilar frequencies at which geographical events occurs in the territory, and hence, with their density variations. The quadrant analysis technique overlays a regular set of cells in a study area,

---

\* mfuenzal@uahurtado.cl Universidad Alberto Hurtado, Facultad de Ciencias Sociales. Chile

numbering the points falling into each one of them. By analyzing the distribution of the frequencies in each cell, the spatial arrangement of the dot pattern can be described. Methodologically, the assumptions involved in the construction of quadrants of 1 square kilometer, the use of the Geoalgorithm “count points in polygons” and the calculation of the variance-mean relationship statistic are detailed.

The use of the quadrant analysis technique revealed that the geographical distribution of the PCR+ or probable cases for COVID-19, does not follow a random or regular distribution model. On the contrary, by presenting a grouped distribution model, it highlights the need for decision makers related to health matters to intelligently determine the type and complexity of the measures for each sector of a city.

## INTRODUCCIÓN

El análisis de cuadrantes es una técnica diseñada para medir propiedades de los patrones de puntos. Es de interés inherente para los análisis geográficos porque proporcionan respuestas a preguntas fundamentales sobre las relaciones espaciales entre puntos georreferenciados (localización coordenada).

La disposición de muchos puntos georreferenciados en el territorio conforma lo que se conoce como un patrón de puntos, el cual puede aportar información valiosa acerca de las variables y procesos recogidos en dichos puntos. La técnica de análisis de cuadrantes está ampliamente difundida en ecología, epidemiología, criminología, geomarketing y, desde la masificación de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), la Geografía ha vuelto a utilizar de forma sistemática esta técnica para examinar la frecuencia de la disposición espacial de puntos en varias partes de un área de estudio.

Cuando el 11 de febrero de 2020 se estableció con el nombre de COVID-19 a la enfermedad causada por el nuevo coronavirus y el día 11 de marzo de 2020 la OMS declara la COVID-19 como pandemia (Mojica-Crespo y Morales-Crespo, 2020), la localización y georreferenciación de casos PCR+ o probables, se volvió una prioridad para la gestión de la enfermedad. Un alto número de casos concentrados en una gran ciudad supondría dificultades para la atención sanitaria adecuada, sometiendo a los especialistas a tomar decisiones críticas y urgentes sobre las operaciones clínicas y la asignación de recursos (Weissman *et al.*, 2020).

El concepto geográfico clave es el de densidad. El estudio de las distribuciones espaciales tiene que ver con la frecuencia diferencial con que un hecho geográfico se produce en el territorio, por lo tanto, sus densidades varían. En nuestra disciplina, la densidad está referida a los valores que asumen las mediciones de una variable (fenómeno estudiado) dividiéndolo por una unidad de superficie (Buzai y Baxendale, 2006). La densidad representa la intensidad (propiedad de primer orden) del patrón de puntos, que es una relación concreta del proceso de puntos que lo ha generado.

El análisis de cuadrantes superpone un conjunto regular de celdas (generalmente de forma cuadrada, triángulo o hexágono) en un área de estudio y se determina el número de puntos en cada celda. Lo habitual es emplear unidades cuadradas, de ahí la denominación.

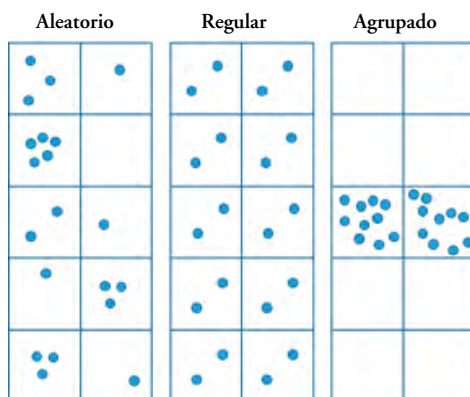
Al analizar la distribución de las frecuencias en cada celda, se puede describir la disposición del patrón de puntos. De forma general, existen tres tipos de patrones (véase figura 1):

*Aleatorio.* Sin ningún orden aparente en la distribución. Las posiciones de los puntos son independientes entre sí, no existiendo correlación entre la localización de los puntos.

*Regular.* La densidad es constante y los puntos se disponen equidistantes entre sí.

*Agrupado.* La densidad de los puntos es muy elevada en ciertas zonas. Subgrupos de puntos tienden a estar más cerca unos de otros.

Figura 1. Tipos de patrón de puntos, con base en la distribución espacial de 20 puntos



Fuente: Elaboración propia.

Debido a problemas de escala, el tamaño de los cuadrantes tiene una gran influencia en los resultados obtenidos. Un tamaño habitual es el doble del área media disponible para cada punto, es decir, cuadrados cuyos lados tendrán una longitud:

$$\sqrt{\frac{2 * A}{n}}$$

Donde:

A = Área de estudio.

n = número de puntos.

Dado que la COVID-19 parece ser una enfermedad que presenta una mayor tasa de incidencia en contextos urbanos, se sugiere que el tamaño de los cuadrantes sea de 1 km<sup>2</sup> para un contexto de análisis urbano de escala de país, así la medida siempre referirá a un tamaño conocido, independientemente de la complejidad funcional del área urbana que se está analizado. Si el área de estudio corresponde a una escala intra-ciudad, se recomienda utilizar cuadrantes de 1 hectárea.

Cuando uno reconoce un patrón de puntos, el analista territorial que observa el mapa podría hacerse preguntas similares a: ¿Sugiere el patrón de puntos que la localización de un caso PCR+ influye en la ubicación de otros casos PCR+? ¿La localización de los casos PCR + dependen de alguna manera unos de otros? ¿Hay evidencia en el patrón que indique que los casos PCR+ no están relacionados en absoluto?

La técnica de análisis de cuadrantes intenta responder tales preguntas adaptando algunas de las ideas matemáticas básicas en la teoría de la probabilidad para analizar la distribución de frecuencia de un patrón de puntos. Por frecuencia nos referimos a la forma en que la densidad de puntos varía en el área de estudio (Thomas, 1977).

Con la serie de datos que indica el conteo de puntos en cada cuadrante, se procede al análisis estadístico. Éste puede hacerse comparando los conteos en los cuadrantes o la media de la serie. El estadístico que se calcula es el índice de dispersión o la relación varianza-media (Variance/Mean Ratio, VMR por sus siglas en inglés).











De esta forma, para la variable  $X$ , se interpreta cada celda como una observación y se ejecuta un conteo del número de puntos que están al interior. Posteriormente se calcula la varianza y la media de  $X$  para construir la relación varianza/media (VMR).

En término de interpretación de resultados podemos afirmar que, para una distribución regular, la varianza es cero (0), por lo tanto, uno puede esperar que el valor de VMR esté cercano a cero (0).











Para una distribución aleatoria, la varianza y la media son iguales. Por lo tanto, uno puede esperar que el valor de VMR esté alrededor a uno (1).

Para una distribución agrupada, la varianza es relativamente grande. Por lo tanto, uno puede esperar que el valor de VMR esté sobre uno (1).

Figura 2. Cálculo del estadístico VMR

Aleatorio				Cuadrante	Puntos por cuadrante	X <sup>2</sup>
		3	1	1	3	9
		5	0	2	1	1
		2	1	3	5	25
		1	3	4	0	0
		3	1	5	2	4
				6	1	1
				7	1	1
				8	3	9
				9	3	9
				10	1	1
				<b>Total</b>	<b>20</b>	<b>60</b>
				<b>Varianza</b>	<b>2,222</b>	
				<b>Media</b>	<b>2,000</b>	
				<b>VMR</b>	<b>1,111</b>	

Regular				Cuadrante	Puntos por cuadrante	X <sup>2</sup>
		2	2	1	2	4
		2	2	2	2	4
		2	2	3	2	4
		2	2	4	2	4
		2	2	5	2	4
				6	2	4
				7	2	4
				8	2	4
				9	2	4
				10	2	4
				<b>Total</b>	<b>20</b>	<b>40</b>
				<b>Varianza</b>	<b>0,000</b>	
				<b>Media</b>	<b>2,000</b>	
				<b>VMR</b>	<b>0,000</b>	

**Agrupado**

Cuadrante	Puntos por cuadrante	X <sup>2</sup>
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0
5	10	100
6	10	100
7	0	0
8	0	0
9	0	0
10	0	0
<b>Total</b>	<b>20</b>	<b>200</b>
<b>Varianza</b>	<b>17,778</b>	
<b>Media</b>	<b>2,000</b>	
<b>VMR</b>	<b>8,889</b>	

Fuente: Elaboración propia, Fuenzalida, 2021.

Como bien señalan Feehan y Mahmud (2021), la dinámica de COVID-19 en una población depende fundamentalmente de las tasas de interacción interpersonal y de los patrones de quién interactúa con quién. Con el fuerte aumento de casos de Covid-19 a nivel mundial, muchos países adoptaron prácticas de distanciamiento físico a una escala sin precedentes en un esfuerzo por reducir la transmisión.

En Chile, el Plan de Acción Coronavirus COVID-19, definió como criterios para aplicar cuarentena al número de casos activos (capaces de transmitir la infección), aumento de la incidencia de casos activos, concentración de casos activos por km<sup>2</sup> y la capacidad asistencial de la red integrada COVID-19.

A continuación, se describen los pasos metodológicos y las posibilidades analíticas a partir del cálculo de concentración de casos activos por kilómetro cuadrado.

## METODOLOGÍA

### *Construcción de cuadrantes de 1 kilómetro cuadrado*

La definición de los límites del área de estudio es muy importante en la construcción de los cuadrantes. En el caso de Chile, se utilizaron los límites del Área Urbana

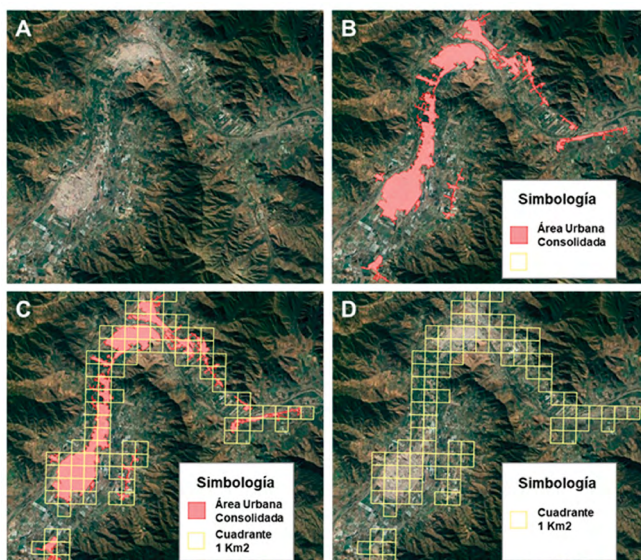
Consolidada (AUC) que fueron definidos por el Instituto Nacional de Estadísticas a propósito de la metodología para medir el crecimiento urbano en las ciudades de Chile (Minvu, INE, 2018).

El AUC empleada corresponde al año 2017 y se puede obtener desde la Infraestructura de Datos Geospaciales (IDE, Chile). Hoy en día es la información más actual disponible sobre la medida física de la extensión urbana de las áreas conurbadas, ciudades o asentamientos urbanos.

Con el objeto de que en cada parte del área de estudio pueda ser posible la ubicación de un caso PCR+ Urbano, a partir del *software QGIS* (v 2.8.2), se creará una cuadrícula, de tipo polígono, que utilizará la extensión del *shapefile* de AUC. En los parámetros de espaciado vertical y horizontal será de 1 000 metros y el SRC corresponde a EPSG: 31979, SIRGAS 2000 / UTM Zone 19 S. El resultado puede observarse en la figura 3.

A continuación, tendremos la precaución de excluir los cuadrantes que se superponen en área rural, dado que se estudiarán las frecuencias PCR+ Urbano. La inclusión de cuadrantes rurales podría, potencialmente, conducir a una matriz de frecuencia errónea porque se sobrestimaría el número de cuadrantes vacíos.

Figura 3. Construcción de cuadrantes de 1 km<sup>2</sup>



Fuente: Elaboración propia.

A) Imagen satelital valle de Quillota [-32.88341 S y -71.24882 W]. B) Límite Área Urbana Consolidada (AUC), año 2017. C) Construcción de cuadrantes de 1 km<sup>2</sup> a partir de los límites de AUC. D) Distribución territorial de cuadrantes de 1 km<sup>2</sup> para análisis.

### *Contar puntos en polígonos*

Se utilizará el geoalgoritmo “contar puntos en polígonos”. Este algoritmo requiere una capa de puntos (casos PCR+) y una capa de polígono (cuadrantes AUC), y cuenta el número de puntos existentes en el primero, en cada uno de los polígonos del segundo.

Se generará una nueva capa de polígonos (cuadrantes AUC PCR +) con la misma cantidad de objetos espaciales y matriz de datos geográficos que la capa de polígonos de entrada, pero que contiene un campo adicional con el recuento de puntos correspondiente a cada polígono.

Aquí es importante reconocer que el Departamento de Gestión de Riesgos en Emergencias y Desastres del Ministerio de Salud de Chile pone a disposición de la comunidad en general, la frecuencia de casos activos (notificados con PCR positivo y casos probables) en cuadrante por km<sup>2</sup> urbano, de forma diaria.

Dada la finalidad de mostrar las bondades de la técnica de análisis de cuadrantes, se compilaron los archivos disponibles desde el 20 de abril al 31 de diciembre de 2020 y se sumaron todas las frecuencias registradas de forma diaria, para obtener el escenario del patrón de puntos PCR+ para el año 2020.

Los conjuntos urbanos elegidos corresponden a las tres grandes áreas metropolitanas chilenas, a saber, Gran Valparaíso, Gran Santiago y Gran Concepción, más las ciudades o espacios conurbados que offician de cabecera regional en el sistema político administrativo chileno.

### *Cálculo del estadístico relación varianza-media (VMR)*

A pesar de que existen diferentes clases de índices con el fin de estimar el tipo de distribución espacial de una población, en este caso de PCR +, Southwood (1978) propone utilizar la relación entre la varianza y la media.

$$S^2 / x$$

Donde:

$S^2$ = Varianza.

X= media.

Si los valores de la relación se aproximan a 1, se puede decir que la distribución de los casos PCR+ es completamente aleatoria; valores de 0, o cercanos a este, indican una distribución espacial regular y valores mayores de 1 nos señalan una distribución agrupada.

En el análisis, también se tomará en cuenta la información referida al número de cuadrantes que componen el AUC de estudio y el valor máximo obtenido en un cuadrante, dado que nos permite orientar sobre el tamaño del área urbana y la magnitud de la ocurrencia de casos.

## RESULTADOS

De norte a sur, los 16 espacios urbanos seleccionados corresponden a: Arica, Iquique-Alto Hospicio, Antofagasta, Copiapó, La Serena-Coquimbo, Gran Valparaíso, Gran Santiago, Rancagua-Machalí, Talca-Culénar, Chillán-Chillán Viejo, Gran Concepción, Temuco-Padre Las Casas, Valdivia, Puerto Montt, Coyhaique y Punta Arenas. La información referida al número de cuadrantes que lo componen, el valor máximo obtenido en un cuadrante al interior de la ciudad y los estadísticos que permiten calcular la relación varianza-media, pueden observarse en la tabla 1.

**Tabla 1. Construcción de cuadrantes de 1 km<sup>2</sup>**

<i>Latitud</i>	<i>Ciudad</i>	<i>Número de Cuadrantes</i>	<i>Val. Max.</i>	<i>Varianza</i>	<i>Promedio</i>	<i>VMR</i>
18.4833 S	Arica	65	872	63 948.1	190.5	335.6
20.2167 S	Iquique - Alto Hospicio	76	1 405	122 559.5	266.4	460.0
23.65 S	Antofagasta	80	1 205	96 760.4	245.4	394.3
27.3664 S	Copiapó	60	537	15 357.5	93.6	164.0

continúa...

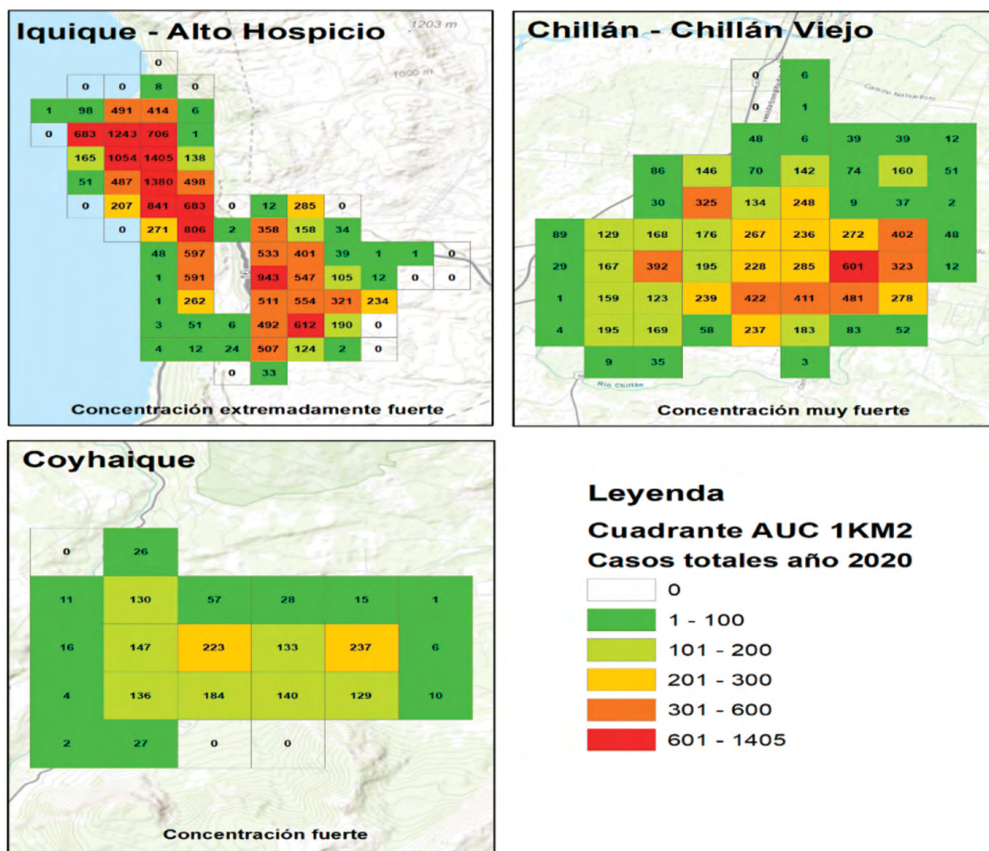
29.9 S	La Serena - Coquimbo	141	439	6 768.0	73.3	92.3
33.05 S	Gran Valparaíso	261	476	14 225.3	112.9	125.9
33.4513 S	Gran Santiago	1 075	1 770	112 270.3	284.6	394.5
34.1667 S	Rancagua - Machalí	116	523	14 819.7	99.4	149.0
35.4333 S	Talca - Culenar	78	383	11 498.9	109.6	104.9
36.6 S	Chillán - Chillán Viejo	60	601	19 563.4	147.1	133.0
36.8282 S	Gran Concepción	318	723	24 079.5	123.3	195.3
38.7333 S	Temuco - Padre Las Casas	98	461	10 401.2	108.5	95.9
39.8139 S	Valdivia	65	682	23 697.4	104.0	227.9
41.4667 S	Puerto Montt	73	591	25 690.6	140.5	182.9
45.57524 S	Coyhaique	24	237	5 908.0	69.3	85.3
53.1667 S	Punta Arenas	56	1 091	98 931.3	282.9	349.6

Fuente: Elaboración propia.

El espacio urbano que presenta un menor tamaño corresponde a la ciudad de Coyhaique, localizado en la Patagonia chilena, y el de mayor tamaño es el Gran Santiago, centro político y económico del país. Una cuestión importante para observar es que, de forma incremental, las ciudades de Punta Arenas (sur), Antofagasta (norte), Iquique-Alto Hospicio (norte) y el Gran Santiago (centro) presentan al menos un cuadrante que supera los mil casos por kilómetro cuadrado. En contraposición, de forma descendente, las ciudades de Temuco-Padre Las Casas (sur), La Serena-Coquimbo (norte), Talca-Culenar (centro) y Gran Valparaíso (centro), no superan los quinientos casos por kilómetro cuadrado.

En relación con el estadístico relación varianza-media (VMR), podemos observar que, para todas las ciudades en estudio el modelo de distribución espacial de los casos PCR+ en el año 2020 se comportó de forma agrupada, es decir, la densidad de los casos PCR+ es muy elevada en ciertas zonas.

Figura 4. Tres tipos de comportamiento del modelo de distribución espacial agrupado



Fuente: Elaboración propia.

El rango del VMR oscila entre 85.3 en Coyhaique y 460 en Iquique-Alto Hospicio. Luego de un proceso reflexivo, se decidió valorar el modelo distribución espacial agrupado en tres categorías (figura 4):

Concentración fuerte: valores que oscilan entre 85.3 y 104.9.

Concentración muy fuerte: valores que oscilan entre 125.9 y 227.9.

Concentración extremadamente fuerte: valores que oscilan entre 335.6 y 460.

Ordenado el VMR de mayor a menor, tendríamos en la primera categoría a los conjuntos urbanos de Coyhaique, La Serena-Coquimbo, Temuco-Padre Las Casas y Talca-Culén. En la segunda categoría a Gran Valparaíso, Chillán-Chillán Viejo, Rancagua-Machalí, Copiapó, Puerto Montt, Gran Concepción, Valdivia. En la tercera categoría a Arica, Punta Arenas, Antofagasta, Gran Santiago e Iquique-Alto Hospicio, siendo estos últimos donde el COVID-19 ha presentado una mayor intensidad.

Al inspeccionar la estructura de poblamiento subyacente a los cuadrantes que muestran una concentración de casos, nos encontramos que son cuadrantes dominados por la localización de vivienda social o edificios.

## CONSIDERACIONES FINALES

La evidencia internacional del comportamiento de la pandemia sugiere que un lugar de alta densidad poblacional contribuye a encuentros humanos más cercanos, al aumento de pacientes con COVID-19 y a la mortalidad resultante de personas mayores, aunque la densidad por sí sola no se considera un factor de riesgo de COVID-19 (Khavarian-Garmsir *et al.*, 2021).

La utilización de la técnica de análisis de cuadrantes reveló que la distribución geográfica de los casos PCR+ o probables para COVID-19 no siguen un modelo de distribución aleatorio o regular. Por el contrario, al presentar un modelo de distribución agrupado, pone de manifiesto la necesidad de que los tomadores de decisiones en materia sanitaria determinen inteligentemente el tipo y la complejidad de las medidas para cada sector de una ciudad, en función de las características demográficas, ambientales, económicas y sociales (Valizadeh *et al.*, 2021).

Esto abre una oportunidad única para la Geografía, en la premisa de que el manejo e integración de múltiples variables de información territorial permitirá entender el dónde y por qué han sido afectadas ciertas zonas más que otras. Aprender de los efectos territoriales de esta pandemia se vuelve imperioso. Partir por la identificación del cuadrante que más casos ha presentado en un área urbana, es un buen inicio.

## BIBLIOGRAFÍA

- Buzai, G. y Baxendale, C. (2006). *Análisis socioespacial con sistemas de información geográfica*. Buenos Aires: GEPAMA, Lugar Editorial.
- Feehan, D., y Mahmud, A. (2021). Quantifying population contact patterns in the United States during the COVID-19 pandemic. *Nat Commun* 12, 893.
- Fuenzalida, M. (2017). Análisis espacial de percepción ciudadana a externalidades negativas. En A. Moreno, G. Buzai y M. Fuenzalida (coords.), *Sistemas de Información Geográfica. Aplicaciones en diagnósticos territoriales y decisiones geoambientales*. Editorial RA-MA.
- MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO (Minvu), Instituto Nacional de Estadísticas (INE) (2018). *Metodología para medir el Crecimiento Urbano de las Ciudades de Chile*. Chile: Autor.
- Khavarian-Garmsir, A., *et al.* (2021). Are high-density districts more vulnerable to the COVID-19 pandemic? *Sustainable Cities and Society*, 70, <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.102911>
- Mojica-Crespo, R. y Morales-Crespo, M. (2020). Pandemia Covid-19, la nueva emergencia sanitaria de preocupación internacional: una revisión. *Medicina de Familia*. España: Semergen.
- Southwood, T. (1978). *Ecological methods*. Londres: Chapman and Hall Co.
- Thomas, R. (1977). *An introduction to quadrat analysis*. England: Geo Abstracts Ltd., University of East Anglia.
- Valizadeh, J., *et al.* (2021). Hazardous infectious waste collection and government aid distribution during COVID-19: A robust mathematical leader-follower model approach. *Sustainable cities and society*, 69, doi: 10.1016/j.scs.2021.102814
- Weissman, G., *et al.*, (2020). Locally informed simulation to predict hospital capacity needs during the COVID-19 pandemic. *Annals of internal medicine*, 173 (1), pp. 21-28.



# VARIABILIDAD ESPACIAL DE LA TASA DE MORTALIDAD DE COVID-19 EN MÉXICO MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA GWR

*Christian Iván Sánchez Carrillo\**  
*Giovanna Santana Castañeda\**  
*Marcela Virginia Santana Juárez\**

## RESUMEN

Este capítulo tiene como objetivo analizar la variabilidad espacial de la tasa de mortalidad de COVID-19 y características de la población en México, mediante el método de Regresión Ponderada Geográficamente (GWR por sus siglas en inglés), para localizar las relaciones entre variables que varían espacialmente. Se detallan los pasos de su desarrollo a un conjunto de seis indicadores que son significativos estadísticamente, de acuerdo con la prueba de Probabilidad de la Regresión Lineal Múltiple, con Mínimos Cuadrados Ordinarios (OLS).

Se trata de una investigación transversal. La escala de desagregación espacial es municipal, con un total de 2 469 municipios. Los datos de COVID-19 se obtuvieron de la Dirección General de Epidemiología (DGE, 2021); los datos de los indicadores (variables explicativas) se obtuvieron del Censo de Población y Vivienda 2020 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2020); y de la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2018 que realizan la Secretaría de Salud y el Instituto Nacional de Salud Pública (SSA y INSP, 2018).

Algunos de los hallazgos evidencian que los valores  $R^2$  locales (a nivel de municipio) reflejan rendimiento diferenciado del modelo GWR; sin embargo, podría explicar 53% de las variaciones de las tasas de mortalidad por COVID-19 en México.

---

\* christian\_sc22@hotmail.com Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM), Facultad de Geografía

\* gsantanac@uaemex.mx Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM), Facultad de Geografía

\* mvsantanaj@uaemex.mx Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM), Facultad de Geografía

La densidad de población, la población de 20 años y más con obesidad, con diabetes e hipertensión, son factores que incidieron en las muertes por COVID-19 en la mayoría de los municipios, con 98, 79, 78 y 67%, respectivamente.

Palabras clave: Mínimos Cuadrados Ordinarios, Regresión Ponderada Geográficamente, variabilidad espacial, COVID-19.

#### ABSTRACT

This chapter aims to analyze the spatial variability of the mortality rate of COVID-19 and characteristics of the population in Mexico, using the Geographically Weighted Regression (GWR) method, to locate the relationships between variables that vary spatially. The steps of its development are detailed to a set of six constraints that are statistically significant, according to the Multiple Linear Regression Probability Test, with Ordinary Least Squares (OLS).

It is a cross-sectional investigation. The spatial breakdown scale is municipal, with a total of 2 469 municipalities. COVID-19 data were obtained from the General Directorate of Epidemiology (DGE, 2021); data of the constraints (explanatory variables) came from the Population and Housing Census 2020 of the National Institute of Statistics and Geography (INEGI, 2020) as well as the 2018 National Health and Nutrition Survey, carried out by the Ministry of Health and the National Institute of Public Health (SSA and INSP, 2018).

Some of the findings show that the local  $R^2$  values (at the municipality level) reflect differentiated performance of the GWR model; however, it could explain 53% of the variations in mortality rates due to COVID-19 in Mexico. Population density, the 20-year-old population and over with obesity, diabetes and hypertension are factors that influenced COVID-19 deaths, in most municipalities, with 98%, 79%, 78% and 67% respectively.

Keywords: Ordinary Least Squares, Geographically Weighted Regression, spatial variability, COVID-19.

## INTRODUCCIÓN

Este capítulo analiza espacialmente las Tasas de Mortalidad (TM) por COVID-19 y características de la población, con la finalidad de localizar las variables que inciden en ella en los 2 469 municipios de México, mediante la GWR (Fotheringham, *et al.*, 2002). Este método ha sido empleado en el análisis de relaciones que varían espacialmente y que influyen en la distribución de un fenómeno o un evento, en este caso sobre la pandemia de COVID-19.

Se aplicaron dos métodos de regresión espacial: Mínimos Cuadrados Ordinarios y la Regresión Ponderada Geográficamente. En primera instancia se seleccionaron las variables explicativas que resultaron significativas estadísticamente de acuerdo con la prueba de probabilidad de MCO, y posteriormente se aplicó la GWR para modelar la variación espacial entre las muertes por COVID-19 y los factores de riesgo en México, tomando en cuenta el valor  $R^2$  ajustado, así como el valor de Akaike (AICc) criterios que miden el rendimiento del modelo.

Se consideraron la correlación y la heterogeneidad espacial de los datos, se mostraron las diferencias geográficas de las tasas de mortalidad por la COVID-19, las cuales se presentaron de manera diferenciada en el territorio, con diferentes patrones de distribución del comportamiento de los indicadores analizados en México a nivel municipal.

La generación de cartografía aporta información objetiva acerca de dónde se tienen los mayores valores de las TM por COVID-19 y el porqué. En este caso, debido a la densidad de población, a la población de 20 años y más con obesidad, con diabetes e hipertensión, se trata de factores que incidieron en las muertes por esta enfermedad en la mayoría de los municipios con 98, 79, 78 y 67%, respectivamente.

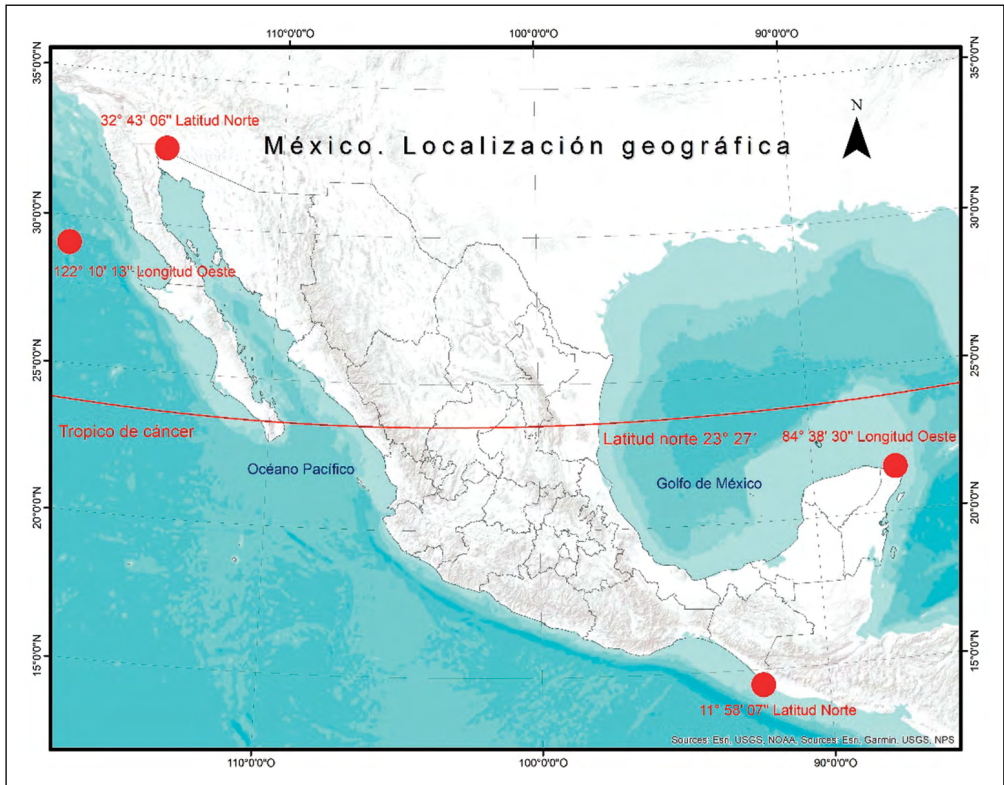
Los aportes generados pueden contribuir a la toma de decisiones, para el diseño de políticas públicas, de planeación y ordenamiento territorial, durante y pos-pandemia. En especial para que éstas sean focalizadas en el territorio, porque el comportamiento de la pandemia es diferenciado en el territorio acorde a factores como los que se muestran en este trabajo.

## METODOLOGÍA

### *Universo de estudio*

México se localiza en el hemisferio norte, sus coordenadas extremas son del paralelo  $11^{\circ} 58' 07''$  y  $32^{\circ} 43' 06''$  latitud norte a partir del Ecuador; y  $84^{\circ} 38' 30''$  y  $122^{\circ} 10' 13''$  longitud oeste del meridiano de Greenwich, zona económica exclusiva (INEGI, 2020a). Se integra por 32 entidades federativas, siendo la Ciudad de México (CDMX) la capital del país, así como por 2 469 municipios. Según el INEGI, para el año 2020 se contó con una población de 126 014 024 habitantes (figura 1).

Figura 1. México: Localización geográfica



Fuente: Elaboración propia, con base en el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2020).

### *Selección de variables*

Variable de respuesta:

Tasa de mortalidad por COVID-19 (100 000 habitantes) con corte al 31 de enero de 2021.

Variables explicativas:

Estas variables se obtuvieron de dos fuentes de información y con diferente temporalidad, no obstante, los datos fueron los más actuales al momento de realizar este estudio (véase cuadro 1).

**Cuadro 1. Variables explicativas**

<i>Variable</i>	<i>Fuente</i>	<i>Año</i>
Densidad de población	INEGI	2020
Promedio de ocupantes por vivienda	INEGI	2020
Porcentaje de población de 60 años y más	INEGI	2020
Porcentaje de población discapacitada	INEGI	2020
Porcentaje de población sin afiliación a servicios de salud	INEGI	2020
Porcentaje de población de 20 años y más con obesidad	SSA y INSP	2018
Porcentaje de población de 20 años y más con diabetes	SSA y INSP	2018
Porcentaje de población de 20 años y más con hipertensión	SSA y INSP	2018

Fuente: Elaboración propia (2021).

### *Fuentes de información*

Las fuentes de información consultadas fueron:

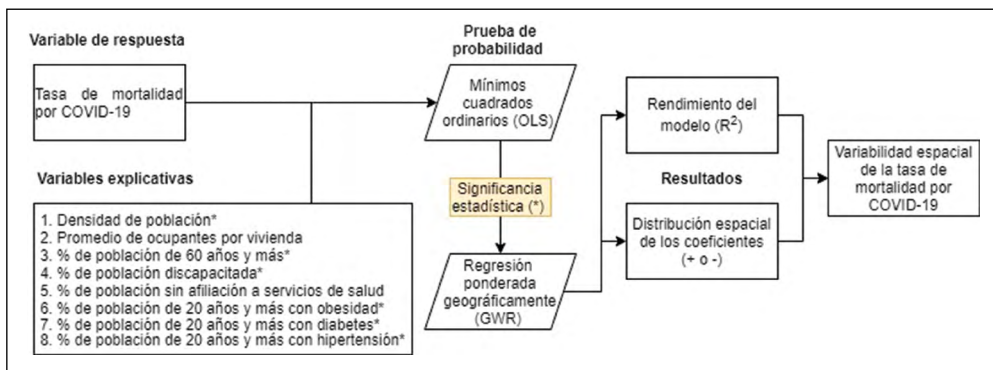
- Secretaría de Salud a través de la Dirección General de Epidemiología (datos abiertos COVID-19), en línea: <https://www.gob.mx/salud/documentos/datos-abiertos-152127>
- Censo de Población y Vivienda 2020 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía, en línea: <https://inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/>

- Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2018 que realizan la Secretaría de Salud, el Instituto Nacional de Salud Pública, en línea: <https://ensanut.insp.mx/encuestas/ensanut2018/informes.php>

### Esquema metodológico

Se aplicó la prueba de probabilidad del método MCO para seleccionar las variables explicativas con significancia estadística. Posteriormente se aplicó la GWR con dichas variables: el primer paso es verificar el rendimiento del modelo ( $R^2$ ) para identificar los municipios donde se adapta mejor, y finalmente se modela la distribución espacial de los coeficientes (variables explicativas) para conocer la variabilidad espacial de la tasa de mortalidad por COVID-19 (figura 2).

**Figura 2: Esquema metodológico para el modelado de la variabilidad espacial de las tasas de mortalidad por COVID-19 en México, mediante la GWR**



Fuente: Elaboración propia, 2021.

### *Procesos y etapas*

#### Etapa 1. Mínimos Cuadrados Ordinarios (OLS)

La selección de variables explicativas con significancia estadística  $P$  ( $p < 0.01$ ) se obtuvieron a partir de la prueba de probabilidad de MCO. Dutta, *et al.* (2021) indican que “es un método de regresión global que investiga la relación entre una variable de respuesta y varias explicativas”. Se muestra como:

$$y_i = \beta_0 + x_i \beta + \varepsilon_i$$

donde,  $y$  es la variable de respuesta (tasa de mortalidad de COVID-19) en un área,  $\beta_0$  es la intersección,  $x_i$  es el vector de variables explicativas seleccionadas,  $\beta$  es el vector de coeficientes de regresión y  $\varepsilon_i$  es un término de error aleatorio.

#### Etapa 2. Regresión Ponderada Geográficamente

El primer proceso fue seleccionar el tipo de modelado lineal (Gauss, Poisson o logístico). Para este estudio se eligió Gaussiano, debido a que utiliza el esquema de modelado semiparamétrico, donde se habilitó una nueva prueba estadística a los indicadores que varían geográficamente, la ecuación que utiliza este modelo es la siguiente:

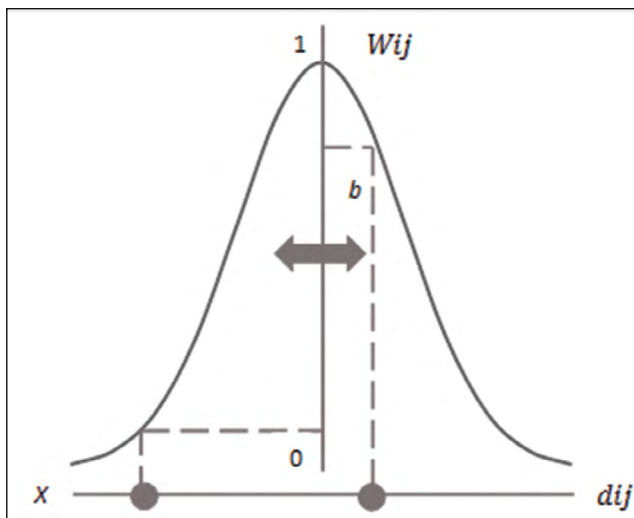
$$y_i = \beta_{i0} + \sum_{j=1}^m \beta_{ij} X_{ij} + \varepsilon_i, \quad i=1,2,\dots, n$$

donde en un área  $i$ ,  $y_i$  es el valor de la variable de respuesta (tasa de mortalidad de COVID-19);  $\beta_{i0}$  es la intersección;  $\beta_{ij}$  es el  $j$ -ésimo parámetro de regresión;  $X_{ij}$  es el valor del  $j$ -ésimo parámetro explicativo y  $\varepsilon_i$  es un término de error aleatorio.

Posteriormente, se seleccionó el tipo “kernel bi-square”, que incorpora una función de disminución de la distancia que asigna más peso a las propiedades más cercanas a un punto de regresión que a las propiedades más alejadas. Bidanset y Lombard (2014) indican que, este tipo de kernel, asigna un peso de cero a las observaciones fuera del

ancho de banda, anulando su impacto en la estimación de regresión local. El ancho de banda ( $b$ ) óptimo se eligió automáticamente por medio de la búsqueda de selección dorada, que identifica de manera eficiente el tamaño. Nakaya (2016) señala que, el límite inferior predeterminado para la búsqueda de la sección dorada está configurado para mantener aproximadamente 40 grados de libertad para el ajuste de regresión local (figura 3).

Figura 3. Kernel espacial utilizado en la GWR



Fuente: Elaboración propia con base en Fotheringham *et al.*, 2002; Bidanset y Lombard, 2014.

donde  $X$  es el punto de regresión;  $\bullet$  es un punto de datos;  $W_{ij}$  es el peso aplicado a la propiedad  $j$ -ésima en el punto de regresión  $i$ ;  $b$  es el ancho de banda;  $d_{ij}$  es la distancia geográfica entre el punto de regresión  $i$  y la propiedad  $j$ .

Finalmente se selecciona el criterio de Akaike, que es una medida del rendimiento relativo del modelo. Se aplica a la misma muestra y tiene el siguiente cálculo:

$$AIC_i = -2\log L_i + 2k_i$$

donde  $L_i$  es la probabilidad máxima del  $i$ -ésimo modelo y  $k_i$  es el número de parámetros libres del  $i$ -ésimo modelo.

## RESULTADOS

El resumen de resultados MCO permitió seleccionar las posibles variables explicativas a partir de la prueba de probabilidad, un asterisco junto a la probabilidad indica un valor P ( $p < 0.01$ ) con significancia estadística (ArcGIS, 2018); densidad de población (Den. Pob.), población de 60 años y más (Pob. 60+), población discapacitada (Pob. Dis.), población de 20 años y más con obesidad (Pob. 20+ obs.), población de 20 años y más con diabetes (Pob. 20+ dia.) y población de 20 años y más con hipertensión (Pob. 20+ hip.), presentaron esta condición. Las variables que no registraron relevancia estadística fueron: promedio de ocupantes por vivienda (Prom. Ocu.) y población sin afiliación a servicios de salud (Pob. sin Afi.), las cuales se excluyeron del modelo GWR (cuadro 2).

Posteriormente se verificó la posible redundancia entre variables, el diagnóstico mostró multicolinealidad relativamente baja, debido a que el factor de inflación de la varianza (VIF) está por debajo del umbral ( $<5$ ), lo que indica que no hay redundancia (O'Brien, 2007). En general el modelo MCO mostró un rendimiento muy bajo ( $R^2$  ajustado de 0.22) que explica aproximadamente 22% de la variación en la mortalidad por COVID-19; otro criterio que también mide el rendimiento es el valor de Akaike, el cual resultó de 27 084.053973 (cuadro 2).

Cuadro 2. Resumen de resultados MCO

<i>Variable</i>	<i>Coefficiente</i>	<i>Estadística T</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>VIF</i>
Intercepto	6.56	0.26	0.78	---
Den. pob.	0.01	15.87	0.00*	1.05
Prom. Ocu.	-7.77	-1.81	0.06	2.68
Pob. 60+	-1.11	-2.24	0.02*	4.14
Pob. Dis.	-2.47	-3.65	0.00*	2.05
Pob. sin Afi.	-0.00	-0.00	0.99	1.03
Pob. 20+ obs.	1.55	9.17	0.00*	1.71
Pob. 20+ dia.	1.12	2.51	0.01*	2.64
Pob. 20+ hip.	3.92	5.76	0.00*	1.69
$R^2$ ajustado	0.22			
AICc	27 084.053973			

Fuente: Elaboración propia con base en el resumen de resultados MCO en ArcMap, 2021.

Una vez identificadas las posibles variables explicativas se procedió a la aplicación del método GWR para modelar las tasas de mortalidad por COVID-19. El resumen de resultados indica que el valor  $R^2$  ajustado resultó más alto (0.53) que el MCO. Por tanto, es evidente que tuvo un mejor rendimiento y podría explicar 53% de las variaciones de las tasas de mortalidad por COVID-19 en México. Además, el valor de AICc también resultó más bajo (26 521.982653) en comparación al modelo MCO, lo que indica que el modelo GWR es el más efectivo en este contexto (Hamidur, *et al.*, 2021). La variabilidad espacial de los coeficientes (variables explicativas) se determina a partir de los signos del valor mínimo y de máximo, si son diferentes en ambos casos se consideran con variabilidad o heterogeneidad espacial (cuadro 3).

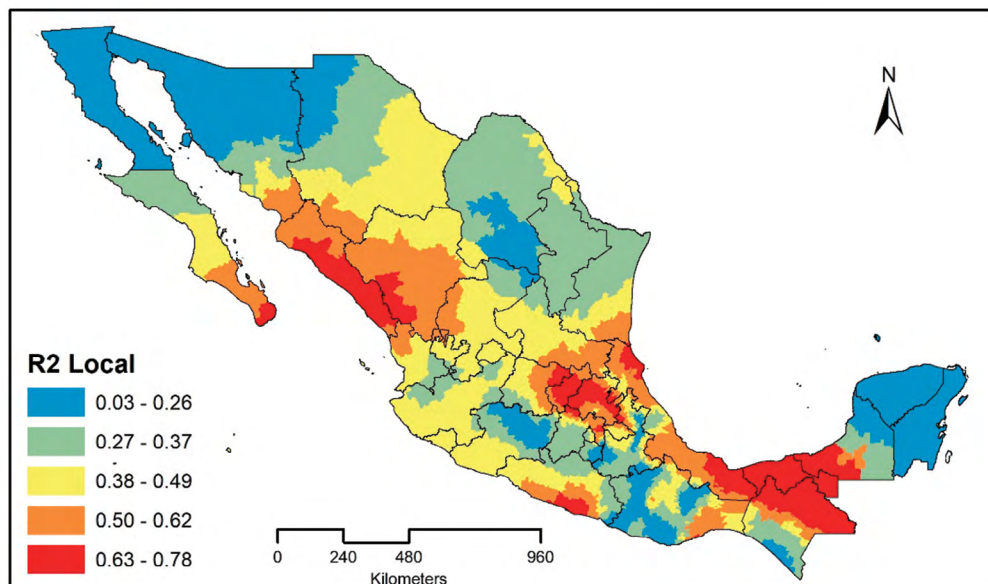
**Cuadro 3. Resumen de resultados GWR**

<i>Variable</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Rango</i>
Intercepto	-29.18	524.85	554.03
Den. Pob.	-125.23	1936.34	2061.57
Pob. 60+	-133.15	83.58	216.74
Pob. Dis.	-133.95	22.45	156.40
Pob. 20+ obs.	-40.72	94.05	134.77
Pob. 20+ dia.	-51.37	160.46	211.84
Pob. 20+ hip.	-54.63	65.82	120.45
$R^2$ ajustado	0.53		
AICc	26 521.982653		

Fuente: Elaboración propia con base en el resumen de resultados GWR en GWR4, 2021.

Al representar los valores  $R^2$  locales a nivel de municipio se encontraron variaciones que reflejan rendimiento diferenciado del modelo GWR, mostrando un rendimiento decente en gran parte del territorio con valores  $R^2$  de 0.38 – 0.49, 0.50 – 0.62 y 0.63 – 0.78, estos últimos presentan el mayor rendimiento del modelo; lo contrario se presentó en municipios fronterizos del norte, específicamente en entidades como Baja California, Sonora y algunos municipios de Chihuahua, Coahuila y Tamaulipas. Asimismo, al sureste en municipios de Yucatán, Quintana Roo y algunos en Oaxaca y Chiapas, dado que el valor  $R^2$  resultó de 0.03 – 0.26 y de 0.27 – 0.37, ambos en color azul, lo que representa un desempeño ligero en estos municipios en comparación a los anteriores (véase figura 4).

Figura 4. México: Distribución espacial de los valores  $R^2$  locales del modelo GWR



Fuente: Elaboración propia en ArcMap, 2021.

Después de conocer el rendimiento del modelo GWR, se procedió a analizar las distribuciones espaciales de las variables que registraron variabilidad espacial, es decir, el tipo de relación (positiva o negativa) entre las variables explicativas y la tasa de mortalidad por COVID-19, aunado a la fuerza de la relación. Los resultados se dividieron en dos grupos; el primero refleja características generales de la población y el segundo muestra factores específicos (padecimientos crónicos que padecen las personas de manera particular) que influyen en las defunciones por esta enfermedad.

#### *Variabilidad espacial de los coeficientes locales (características generales de la población)*

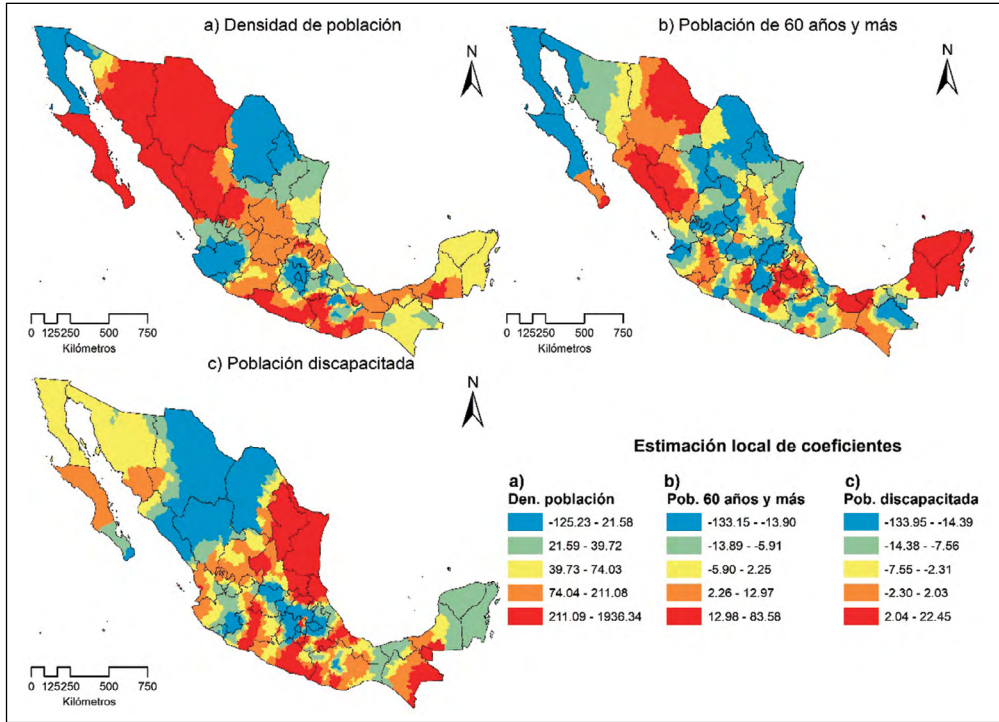
La densidad de población es un factor que está incidiendo en las muertes por COVID-19 en la mayoría de los municipios de México (98%), de acuerdo con la relación positiva que presenta la estimación de sus coeficientes (21.59 – 39.72, 39.73

– 74.03, 74.04 – 211.08 y 211.09 – 1936.34), es decir, cuanto mayor la densidad de población, mayor la tasa de mortalidad por esta enfermedad. No obstante, 20% presentan la mayor fuerza de la relación (211.09 – 1936.34), lo que indica que este factor está influyendo con mayor intensidad en estos lugares, formando patrones espaciales al noroeste, centro, sur y algunos municipios de Campeche. Por otra parte, se muestra que 2% de los municipios de México presentaron relación negativa en sus coeficientes (-125.23), en otras palabras, cuanto mayor la densidad de población, menor la tasa de mortalidad por esta enfermedad en estos municipios (figura 5a).

La población de 60 años y más es un factor que está influyendo en las defunciones por COVID-19 en 45% de los municipios del país, debido a que se observan coeficientes con relación positiva (2.26 – 12.97 y 12.98 – 83.58), en otras palabras, cuanto mayor sea la población de 60 y más, mayor será la tasa de mortalidad por esta enfermedad. La mayor intensidad en las relaciones (12.98 – 83.58) se observa en 20% de los municipios que conforman patrones espaciales al noroeste; en el centro se identifica un *clúster* que conforman los estados de Hidalgo, Querétaro y en la parte sur del Estado de México y de la Ciudad de México; y al sureste en Yucatán y Quintana Roo. Este factor, además, presentó relación negativa en 55% de los municipios (-133.15 – -13.90 y -13.99 – -5.91), es decir, cuanto mayor la población de 60 y más, menor la tasa de mortalidad por COVID-19 (figura 5b).

La población discapacitada está incidiendo en menor medida en las muertes por COVID-19 en los municipios de México (13%), de acuerdo con la relación positiva que presenta la estimación de sus coeficientes (2.04 – 22.45), es decir, cuanto mayor la población discapacitada, mayor la tasa de mortalidad por esta afección, mostrándose patrones espaciales al noreste, sureste y en municipios del Estado de México. Por otra parte, se muestra que 87% de los municipios presentaron relación negativa en sus coeficientes (-133.95 – -14.39, -14.38 – -7.56, -7.55 – -2.31), en otras palabras, cuanto mayor la población discapacitada, menor la tasa de mortalidad por COVID-19 (figura 5c).

Figura 5. México: Variabilidad espacial de los coeficientes locales (factores generales)



Fuente: Elaboración propia en ArcMap, 2021.

*Variabilidad espacial de los coeficientes locales (características específicas de la población)*

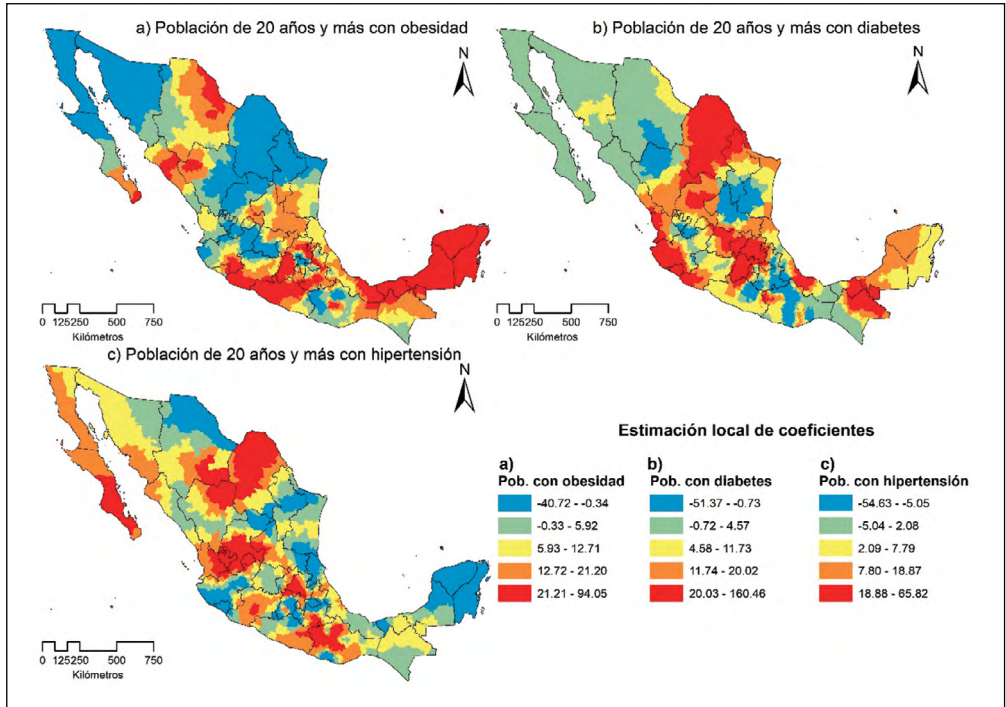
Se observa que la población de 20 años y más con obesidad está influyendo en las muertes por COVID-19 en 79% de los municipios del país, debido a que sus coeficientes presentan relación positiva (5.93 – 12.71, 12.72 – 21.20 y 21.21 – 94.05), esto es, cuanto mayor la población de 20 años y más con obesidad, mayor la tasa de mortalidad por esta enfermedad. No obstante, 9% presentan la mayor fuerza de la relación (21.21 – 94.05), lo que indica que este factor está influyendo con mayor intensidad en los municipios en color rojo, formando patrones espaciales al noroeste, centro, suroeste y sureste. A su vez, se observan coeficientes con relación negativa en

21% de los municipios ( $-40.72 - -0.34$ ), es decir, cuanto mayor la población de 20 años y más con obesidad, menor la tasa de mortalidad por esta enfermedad (véase figura 6a).

La población de 20 años y más con diabetes, está incidiendo en las defunciones por COVID-19 en 78% de los municipios de México, de acuerdo con la relación positiva que presenta la estimación de sus coeficientes ( $4.58 - 11.73$ ,  $11.74 - 20.02$  y  $20.03 - 160.46$ ), es decir, cuanto mayor la población de 20 años y más con diabetes, mayor la tasa de mortalidad por esta afección. La mayor intensidad en las relaciones ( $20.03 - 160.46$ ) se observa en 20% de los municipios que conforman patrones espaciales al norte, suroeste, centro y sureste. Por otra parte, se muestra que 22% de los municipios presentaron relación negativa en sus coeficientes ( $-51.37 - -0.73$ ), esto significa que cuanto mayor la población de 20 años y más con diabetes, menor la tasa de mortalidad por esta enfermedad (véase figura 6b).

La población de 20 años y más con hipertensión es otro factor que está influyendo en las muertes por COVID-19 en 67% de los municipios del país, debido a que sus coeficientes presentan relación positiva ( $2.09 - 7.79$ ,  $7.80 - 18.87$  y  $18.88 - 65.82$ ), por lo cual, cuanto mayor la población de 20 años y más con hipertensión, mayor la tasa de mortalidad por esta enfermedad. No obstante, 20% presenta la mayor fuerza de la relación ( $18.88 - 65.82$ ), lo que indica que este factor está influyendo con mayor intensidad en los municipios en color rojo, formando patrones espaciales al norte, noroeste, centro y sureste. A su vez, se observan coeficientes con relación negativa en 33% de los municipios ( $-54.63 - -5.05$ ), es decir, cuanto mayor la población de 20 años y más con hipertensión, menor la tasa de mortalidad por esta enfermedad (figura 6c).

**Figura 6. México: Variabilidad espacial de los coeficientes locales (características específicas de la población)**



Fuente: Elaboración propia en ArcMap, 2021.

### CONSIDERACIONES FINALES

El modelo de la Regresión Ponderada Geográficamente (GWR) resultó con un mayor rendimiento que el de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO), de acuerdo con el resumen de resultados de ambos. MCO registró un  $R^2$  ajustado de 0.22 y un valor de Akaike de 27 084.053973, mientras que para GWR el  $R^2$  ajustado resultó más alto (0.53) y el valor AICc fue más bajo (26 521.982653), lo que indica que el modelo resultante de la GWR fue más efectivo y podría explicar 53% de las variaciones de las tasas de mortalidad por COVID-19 en México. Cabe destacar que, aunque el modelo MCO presentó un  $R^2$  ajustado muy bajo, proporcionó una línea de base para identificar las posibles variables explicativas.

La distribución espacial de las variables explicativas que registraron variabilidad reflejó un comportamiento diferente de las tasas de mortalidad de COVID-19.

La densidad de población tiene efectos significativos sobre las defunciones de COVID-19, debido a que los hallazgos muestran una relación positiva en 98% de los municipios de México. Este resultado coincide con el de Dutta *et al.* (2021), en el cual plantean que, “el aumento de la densidad de población facilita la propagación y muerte de la enfermedad a un ritmo muy rápido debido a un menor distanciamiento social”. El resto de los municipios de México (2%) presentaron una relación negativa, y por consiguiente, este factor no influye en las muertes en esos lugares. Santana (2020, p. 16) señala que en México la densidad de población es un condicionante en la expansión de la pandemia del COVID-19, que a mayor densidad de población favorecería la difusión de la pandemia. A nivel estatal Santana *et al.* (2020, p. 44) señalan que “la Ciudad de México y el Estado de México registraron las mayores cantidades de casos por COVID-19, tamaño de población y densidad de población en México”.

La población de 60 años y más está incidiendo en la mortalidad de COVID-19 en 45% de los municipios de México, principalmente al noroeste, sureste, y se identificó un clúster en el centro del país conformado por municipios de los estados de Hidalgo, Querétaro y en la parte sur del Estado de México y de la Ciudad de México. Este resultado se relaciona con la investigación de Mansour, *et al.* (2021, p. 10) donde destacan que “la población anciana es un factor influyente para explicar la variación espacial en la incidencia de la enfermedad, que posteriormente se refleja en muertes”. No obstante, 55% de los municipios presentaron relación negativa, por lo cual se determina que este factor no incide en las muertes por esta enfermedad en esos lugares.

La población discapacitada es el factor que está influyendo en menor medida en las muertes de COVID-19 en los municipios de México (13%), los hallazgos muestran patrones espaciales al noreste, sureste y en municipios del Estado de México. Mientras que 87% de los municipios presentaron relación negativa, este factor no incide en las muertes por esta afección en esos lugares.

Entre los factores específicos que influyen en la tasa de mortalidad por COVID-19, se encuentran las comorbilidades; los resultados evidencian que la población de 20 años y más con obesidad, diabetes e hipertensión, están incidiendo en las defunciones de esta enfermedad. La primera situación es la que más influyó en las muertes, debido a que los hallazgos muestran una relación positiva en 79% de los municipios del país,

principalmente al noroeste, centro, suroeste y sureste. El resto de los municipios (21%) presentaron una relación negativa que, por consecuente, este factor no influye en las muertes en esos lugares. En relación con las comorbilidades, Santana, *et al.* (2021, p. 43) señalan que “cada comorbilidad tiene su propio comportamiento espacial”.

La población de 20 años y más con diabetes, está incidiendo en las defunciones de COVID-19 en 78% de los municipios de México, principalmente al norte, suroeste, centro y sureste. Este factor ha sido controversial y existe un debate sobre la relación entre ambas afecciones, no obstante, Mansour *et al.* (2021) encontraron una fuerte asociación entre COVID-19 y la diabetes; entre sus hallazgos señalan que las áreas con grandes poblaciones de ancianos y altas tasas de diabetes tenían un mayor riesgo de prevalencia de la enfermedad. Por otra parte, se muestra que 22% de los municipios presentaron relación negativa, lo que indica que la diabetes no incide en las defunciones en esos sitios.

La población de 20 años y más con hipertensión está influyendo en las muertes por COVID-19 en 67% de los municipios de México, debido a que registraron relación positiva, principalmente al norte, noroeste, centro y sureste. Sin embargo, el resto de los municipios presentaron relación negativa, lo que indica que este factor no incide en las defunciones de COVID-19 en esos lugares.

## REFERENCIAS

- ArcGIS (2018). *Interpreting OLS results*, [en línea]. Disponible en: <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.5/tools/spatial-statistics-toolbox/interpreting-ols-results.htm> [Consultado el 7 de junio de 2021].
- Bidanset, P., y Lombard, J. (2014). The effect of kernel and bandwidth specification in geographically weighted regression models on the accuracy and uniformity of mass real estate appraisal. *Journal of Property Tax Assessment & Administration*, 10 (3), pp. 5-14.
- Dutta, I., et al. (2021). Spatial analysis of COVID-19 incidence and its determinants using spatial modeling: A study on India [en línea], *Environmental Challenges*, Vol. 4. Obtenido de: <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100096>
- Dirección General de Epidemiología (DGE). (2021). Datos abiertos. Disponible en: <https://www.gob.mx/salud/documentos/datos-abiertos-152127> [Consultado el 01 de marzo de 2021].
- Fotheringham, A., et al. (2002). *Geographically Weighted Regression. The analysis of spatially varying relationships*. Nueva York: John Wiley & Sons.
- Hamidur, R., et al. (2021). Identification of risk factors contributing to COVID-19 incidence rates in Bangladesh: A GIS-based spatial modeling approach, *Heliyon*, 7. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06260> [Consultado el 14 de marzo de 2021].
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2020a). Disponible en: <http://cuentame.inegi.org.mx/territorio/coordenadas.aspx?tema=T> [Consultado el 16 de marzo de 2021 ].
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2020). *Censo de población y vivienda 2020*. Disponible en: <https://www.gob.mx/salud/documentos/datos-abiertos-152127> [Consultado el 03 de marzo de 2021].
- Mansour, S., et al. (2021). Sociodemographic determinants of COVID-19 incidence rates in Oman: Geospatial modelling using multiscale geographically weighted regression (MGWR), *Sustainable Cities and Society*, 65. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102627>
- Nakaya T. (2016). *GWR4.09 User Manual*. Japón: Departamento de Geografía de la Universidad Ritsumeikan.
- O'Brien, R. (2007). A Caution Regarding Rules of Thumb for Variance Inflation Factors. *Qual Quant.* 41, pp. 673–690. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11135-006-9018-6>

- Secretaría de Salud (SSA), Instituto Nacional de Salud Pública (INSP). (2018). Informe de Resultados de la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición -2018. Disponible en: <https://ensanut.insp.mx/encuestas/ensanut2018/informes.php> [Consultado el 01 de marzo de 2021].
- Santana, J., *et al.* (2021). Covid-19 y comorbilidades de la obesidad, en México 2020, [en línea]. *Revista Posición*, 5. Disponible en: <https://posicionrevista.wixsite.com/inigeo/n%C3%BAmero-5-2021> [consultado en junio 2021].
- Santana, M. (2020). COVID-19 en México: Comportamiento espacio temporal y condicionantes socioespaciales, febrero y marzo de 2020 [en línea]. *Revista Posición*, 3, Dossier: Análisis geográfico del COVID-19. Disponible en: <https://posicionrevista.wixsite.com/inigeo/numero-3-2020> [consultado el 20 abril 2020].
- Santana M., *et al.* (2020). COVID-19 en México: asociación espacial de cara a la fase tres. *Revista HYGEIA*, Disponible en: <http://www.seer.ufu.br/index.php/hygeia/issue/view/1972> [Consultado el 16 de marzo de 2021].



# REGIONALIZACIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO LUJÁN CON BASE EN LA EVOLUCIÓN ESPACIAL DE CASOS DE COVID-19 EN SUS MUNICIPIOS DURANTE 2020. ANÁLISIS *CLUSTER* E INFLUENCIA DE LA POBREZA

*Gustavo D. Buzai\**

## RESUMEN

Este capítulo presenta la aplicación del método de análisis *cluster* como base de clasificación para determinar el comportamiento espacio-temporal de los casos de COVID-19 en la cuenca del río Luján durante el año 2020. El estudio se basa en los conceptos de distribución espacial y de asociación espacial, llegando a una regionalización del área de estudio. Avanza en el análisis de su evolución y con ello mide los cambios en la correlación con datos de pobreza para llegar a dar una respuesta sobre la hipótesis que la vincula al mapa social y, con ello, a la vulnerabilidad poblacional.

Palabras clave: Clasificación, Regionalización, Análisis Espacial, COVID-19, Cuenca del Río Luján.

## ABSTRACT

This chapter presents the application of cluster analysis method at the basis of classification to determine de spatio-temporal behaviour of COVID-19 cases in Luján river basin during 2020. The study ia based on the concepts of spatial distribution and spatial association reaching a regionalization of the study area. It advances in evolution and thereby measures the changes in the correlation with poverty data in order to arrive at an answer on the hypothesis that links it to the social map and, with in, to the population vulnerability.

---

\* [gdb@mail.unlu.edu.ar](mailto:gdb@mail.unlu.edu.ar) Universidad Nacional de Luján, Instituto de Investigaciones Geográficas. Argentina

Keywords: Classification, Regionalization, Spatial Analysis, COVID-19, Luján River Basin.

## INTRODUCCIÓN

La enfermedad del coronavirus, COVID-19, fue declarada pandemia por la Organización Mundial de la Salud (OMS) el 11 de marzo de 2020, el mismo día que fue confirmado el primer caso positivo en la ciudad de Luján, considerándola como un punto en las antípodas del origen, ubicado en la ciudad de Wuhan (China) el 31 de diciembre de 2019 (Buzai, 2020).

En ese corto tiempo el proceso mundial de evolución espacio-temporal generó un notable interés para su estudio desde diferentes campos disciplinarios y, en este contexto, el papel de la dimensión espacial es tan importante que la geografía, como ciencia, tiene mucho que aportar (Trinca, 2020) y resultados muy valorados mundialmente son generados desde el análisis espacial cuantitativo y la tecnología de los Sistemas de Información Geográfica.

El presente capítulo, centrado en esta línea paradigmática, tiene como objetivo incorporar la aplicación de estadística multivariada a través del método de análisis *cluster* al estudio de datos correspondientes a la evolución espacial y temporal del COVID-19 en un espacio regional.

La estrategia metodológica contempla su capacidad como método clasificatorio, tanto para el caso de las variables correspondientes al total de población contagiada como a las unidades espaciales formadas por entidades municipales. El primer resultado indica el nivel de semejanza en el comportamiento evolutivo de los datos mediante la correlación bivariada entre meses, y el segundo genera una regionalización basada en el comportamiento de la evolución total en la extensión del periodo.

La representación gráfica del *dendrograma* presenta los estados de agrupamiento con base en las semejanzas, con la posibilidad de verificar agrupamientos (*clusters*) para la obtención del resultado en un contexto que muestra diferentes posibilidades de clasificación y construcción regional dentro de un proceso de regionalización dinámica.

Una vez descubiertas las diferencias de evolución temporal, se realizó un avance en el análisis de una hipótesis de causalidad al vincularla con los datos de pobreza y determinar de qué manera ejerce su influencia en la temática analizada. Consideramos

esta situación como determinismo causal (Bunge, 1978), como categoría de vínculo causal y como ley de causación ante la comprobación empírica de la relación.

Los procedimientos metodológicos aplicados se enmarcan en los conceptos de distribución espacial, asociación espacial, causalidad, construcción regional y regionalización inductiva, que serán presentados a continuación.

El análisis será realizado en los municipios de la cuenca del río Luján, focalizando en los datos correspondientes a los valores de personas contagiadas de COVID-19 durante el año 2020, y con mediciones realizadas desde marzo a diciembre. Posteriormente el estudio contempla el análisis de la hipótesis que relaciona estos contagios con el nivel de pobreza, y que en este caso será correlacionado con los datos de hogares que tienen necesidades básicas insatisfechas en valores absolutos y con los valores de la tasa que representa el total de contagios por cada 100,000 habitantes.

## ASPECTOS CONCEPTUALES

### *Clasificaciones*

La clasificación es un procedimiento científico central con el cual se intentan ordenar los objetos de estudio de toda investigación. La geografía como ciencia puede ver relaciones entre diferentes características especializadas, aunque su esencia se encuentra vinculada a su objeto formal que corresponde a la perspectiva espacial, punto de vista geográfico centrado en las múltiples relaciones que hacen a la especificidad de delimitaciones sobre la superficie terrestre.

Toda clasificación se realiza a partir de considerar ciertas características relevantes y algunas de ellas permitirán determinar los límites entre clases. Estos aspectos demarcatorios se logran a través de la aplicación de diversa metodología.

Con la finalidad de que una clasificación presente utilidad, deben cumplirse ciertas condiciones básicas que le brindarán rigurosidad y consistencia:

- Debe ser realizada con un propósito específico.
- Debe tener coherencia metodológica en sus sucesivos pasos.
- Debe ser exhaustiva, la unión de los subconjuntos tiene que contemplar la totalidad de los elementos.
- Debe ser disyuntiva, imposibilitando que un objeto pertenezca a dos clases.

- Debe considerarse la posibilidad de modificarse con el tiempo, principalmente al evolucionar los datos empíricos de la realidad.

La clasificación puede ser considerada un procedimiento que permitirá agrupar objetos en clases a través de la variación multivariada de sus atributos. En el caso de la geografía, los objetos, también considerados individuos, son unidades espaciales y la totalidad de sus atributos temáticos que forman la matriz de datos originales.

El procedimiento clasificatorio puede tener dos sentidos, una clasificación por divisiones lógicas a partir de un procedimiento deductivo en una totalidad que se desagrega, o una basada en un procedimiento inductivo por agregación de unidades hacia una generalización.

El análisis geográfico basado en la cuantificación encuentra aspectos esenciales de la investigación geográfica en la segunda aproximación, al trabajar empíricamente a partir de los datos medidos en las unidades espaciales de menor nivel de desagregación espacial.

### *Asociaciones temáticas y espaciales*

El análisis temático y la construcción regional como resultado de metodologías de clasificación, desde un punto de vista geográfico, se basa en dos vertientes principales fundamentadas en la aplicación de similares procedimientos al tratamiento de variables y de unidades espaciales.

El estudio centrado en las variables brinda la posibilidad de analizar múltiples temas y sus relaciones. El estudio centrado en las unidades espaciales tiene como objetivo el agrupamiento de unidades espaciales como proceso de regionalización.

El trabajo centrado en el análisis de las variables permite ver la *distribución espacial* de cada tema haciéndolo operativo a través de la representación cartográfica. En este sentido, cada columna de la matriz de datos corresponde a la *distribución espacial* de un tema y el tratamiento cuantitativo realizado entre ellas lleva al concepto de *asociación espacial*, relacionado estadísticamente al concepto de correlación.

El trabajo centrado en unidades espaciales permite poner límites internos en el área de estudio, generando regiones con comportamientos multivariados específicos. Un procedimiento de transposición de la matriz de datos originales genera la matriz

de datos geográfica propuesta por Berry (1964) y, en ella, el agrupamiento aborda la dimensión espacial en una clasificación inductiva que se dirige desde lo particular (unidades espaciales separadas) hacia lo general (diferentes estados de agrupamiento).

El análisis *clusteres* es un procedimiento central y el *dendrograma*, como representación gráfica, brinda una visión clara de los diferentes estados de agrupamiento en lo que puede ser considerada una regionalización dinámica. El procedimiento permitirá descubrir grupos de tendencias evolutivas de casos de COVID-19 y modelizarlo espacialmente; asimismo, la incorporación de la variable de hogares con NBI (en valores absolutos y porcentajes) permitirá avanzar en una respuesta a la hipótesis de pobreza, la cual indica la vulnerabilidad poblacional de acuerdo con el nivel socio-económico.

### *Un programa de investigación*

La construcción regional mediante técnicas de análisis espacial cuantitativo es un procedimiento central en la investigación geográfica. Por un lapso de poco más de tres décadas hemos generado una línea de trabajo basada en el estudio de la diferenciación areal y de la modelización de resultados en tanto aspectos fundamentales en definición del campo de estudio geográfico.

Las aplicaciones tienen inicio en Buzai (1990), en el estudio de la diferenciación demográfica interna del Gran Buenos Aires, como inicial resultado en la línea que daría origen al programa de investigación sobre los *mapas sociales urbanos* (Buzai, 2014), principalmente en el estudio de la distribución espacial de las características sociales de la población en ciudades y regiones.

Varios trabajos de abordaje teórico-metodológico fueron actualizando las consideraciones teóricas centradas en las capacidades brindadas por las técnicas geográficas cuantitativas aplicadas a la regionalización (Buzai y Sánchez, 1998; Buzai y Baxendale, 2002, 2012; Buzai y García de León, 2018; Buzai y Santana, 2019; García de León y Humacata, 2019; Humacata y Montes, 2019).

En este contexto hemos realizado dos aplicaciones como antecedentes en la regionalización de la cuenca del río Luján correspondiente al estudio socio-habitacional de los municipios (Buzai y Baxendale, 2016; Buzai, 2016). Estos estudios brindan una base exploratoria previa a la aplicación actual centrada en aspectos de la salud humana.

## ANÁLISIS CLUSTER

En el campo del análisis espacial cuantitativo, el análisis *cluster* es un procedimiento utilizado como método clasificatorio tanto si se aplica a las variables o a los objetos de estudio. Hair *et al.* (1999) indican que tiene diferentes denominaciones según la ciencia que lo utiliza o los objetivos buscados; puede ser considerada una construcción de tipología, clasificación o taxonomía numérica, siendo que cuando se aplica en geografía tiene utilidad para la clasificación de variables y de unidades espaciales; en este último caso, el resultado es una regionalización.

Los métodos cuantitativos de análisis *cluster* fueron incorporados en manuales iniciales como los de Haggett (1965), Cole y King (1968), Racine y Raymond (1973), y presentados en el contexto científico de la clasificación por Grigg (1967) como antecedente central del capítulo sobre clasificación, incluido por Harvey (1969). Estos aspectos fueron desarrollados en manuales posteriores como los de Chamussy, *et al.* (1980), Oliveira, *et al.* (1981), y Bosque y Moreno (1994).

La idea básica del procedimiento es obtener clases dentro de las cuales los elementos componentes tendrán máxima similitud y, al mismo tiempo, mayor diferencia cuando se los compara con elementos que se encuentran incluidos en otro grupo. En síntesis, maximizar la homogeneidad interna de los agrupamientos y maximizar la heterogeneidad.

En este sentido, resulta necesario definir inicialmente el grado de semejanza entre las unidades espaciales del área de estudio a través de distancias medidas en un espacio geométrico bivariado, de a pares, y realizar la Matriz de Correlaciones de Unidades Espaciales ( $MC_{UE}$ ), estructura cuadrada, donde la diagonal tendrá la menor distancia al correlacionarse cada unidad espacial consigo misma.

Las distancias multidimensionales miden el grado de semejanza entre las unidades espaciales, generalmente se las calcula como distancias euclidianas ( $D$ ) [3] o a través del coeficiente de correlación  $r$  de Pearson [4].

$$[3] \quad D_{x,y} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}$$

$$[4] \quad r_{x,y} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{n \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n}}}$$

El tratamiento matricial concluye con un camino que construye la secuencia entre la Matriz de Datos Originales (MDO), Matriz de Datos Índice (MDI), Matriz de Datos Estandarizados (MDE) y  $MC_{UE}$ . La similitud entre dos unidades espaciales es máxima cuando  $DE=0$  y  $r=1$  y, por el contrario, la diferencia es máxima cuando  $DE=$  (valor más alejado de 0) y  $r=-1$ . La  $MC_{UE}$  es el insumo básico para la aplicación de la técnica.

Los agrupamientos se logran mediante diferentes procedimientos que proporcionan resultados estructurales (Buzai, 2014). En esta aplicación fue utilizado el método de Ward (1963), el cual, en cada paso se eligen las unidades espaciales que al unirse mantiene la mínima variación interna ante la pérdida de información en la agregación. En cada paso de agrupamiento se elige fusionar aquellos grupos que menos aumentan los valores de los cuadrados de la suma de los desvíos como medida de variación respecto de la media.

El método muestra gran eficiencia en el análisis geográfico ante la generación de agrupamientos claramente discriminados a partir de evaluar la variación dentro del grupo como la suma de las diferencias al cuadrado entre los valores propios y la media del grupo ( $DCg$ ) [5] que se definen como:

$$[5] \quad DCg = \sum_{k=1}^n \sum_{j=1}^{N_g} (x_{jvg} - m_{vg})^2$$

donde  $x_{jvg}$  es el valor del objeto en la variable ( $v$ ) del grupo ( $g$ ),  $N_g$  es el total de objetos y  $m_{vg}$  la media de  $v$  en  $g$ . La función objetivo resulta obtener el valor mínimo ( $DC$ ) [6] para generar el agrupamiento.

$$[6] \quad DC = \sum_{g=1}^m DC_g$$

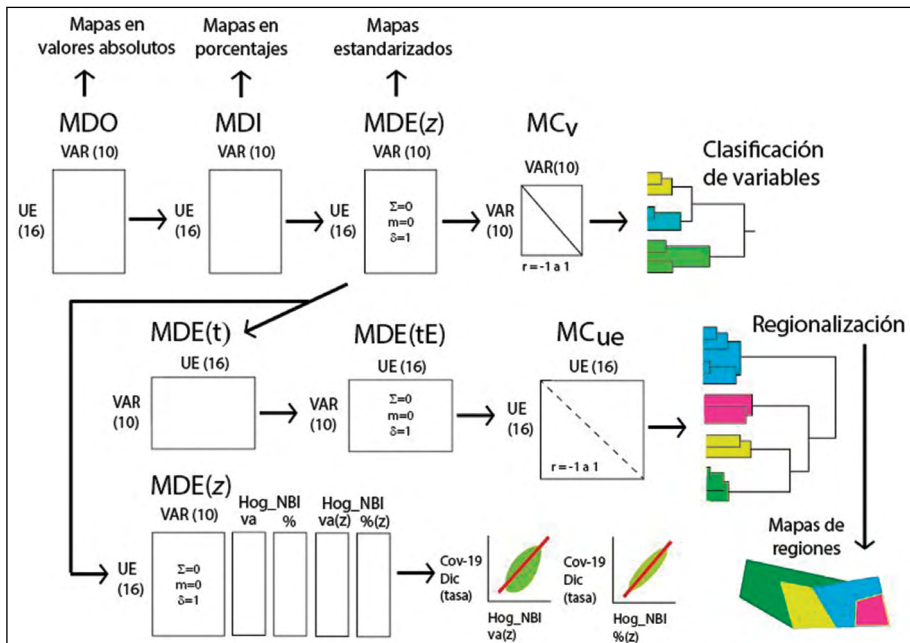
En general, con la  $MC_{UE}$  ( $M \times M$ ) se determina entre qué par de unidades espaciales se encuentra la máxima correlación, se promedian los valores estandarizados y se calcula una nueva matriz de correlaciones ( $M-1 \times M-1$  unidades espaciales), ya que

las dos unidades espaciales de máxima correlación se fundieron formando una nueva unidad con mayor superficie. Este procedimiento realizado de manera continua permite construir el *dendrograma* que presenta los enlaces a medida que se realiza el procedimiento de reducción matricial en diferentes pasos ( $M-2 \times M-2$ ,  $M-3 \times M-3$  hasta  $M-(M-1) \times M-(M-1)$ ), hasta el último cálculo en el que todas las unidades espaciales quedaron fundidas dentro del contorno del área de estudio.

Al finalizar el procedimiento deben determinarse los agrupamientos óptimos a partir de los *clusters* generados en el dendrograma en el nivel de agregación buscado en la regionalización a partir de sus extremos, de izquierda a derecha, desde todas las unidades espaciales separadas hasta todas unidas desapareciendo por completo el mosaico inicial en que se compone el área de estudio y solamente quedando el límite exterior. El método favorece la obtención de agrupamientos compactos.

Los pasos metodológicos realizados en la aplicación se presentan en la figura 1 en donde se detalla los pasos en el tratamiento matricial hacia la obtención de ambos resultados, las síntesis por clasificación y regionalización.

Figura 1. Síntesis metodológica



Fuente: Elaboración propia, 2021.

## APLICACIÓN A LOS MUNICIPIOS DE LA CUENCA DEL RÍO LUJÁN

El área de estudio corresponde a los 16 municipios de la cuenca del río Luján; estas unidades espaciales en conjunto tienen una población de 2 570 889 habitantes (INDEC, 2013) y una superficie de 11 552 kilómetros cuadrados.

La base de datos original se encuentra estructurada en 16 filas (unidades espaciales) por 34 variables (datos numéricos): (1) Población, (2) Hogares, (3) Población contagiada de COVID-19, 10 columnas con datos de marzo a diciembre, (4) Población fallecida de COVID-19 (INDEC, 2013), (5) Hogares con NBI y (6) Porcentaje de hogares con NBI.

A continuación, se presentan los resultados correspondientes a la aplicación del análisis *cluster* a las variables y unidades espaciales, y el análisis de correlación con los datos de pobreza a nivel hogares.

### *Clasificación y regionalización*

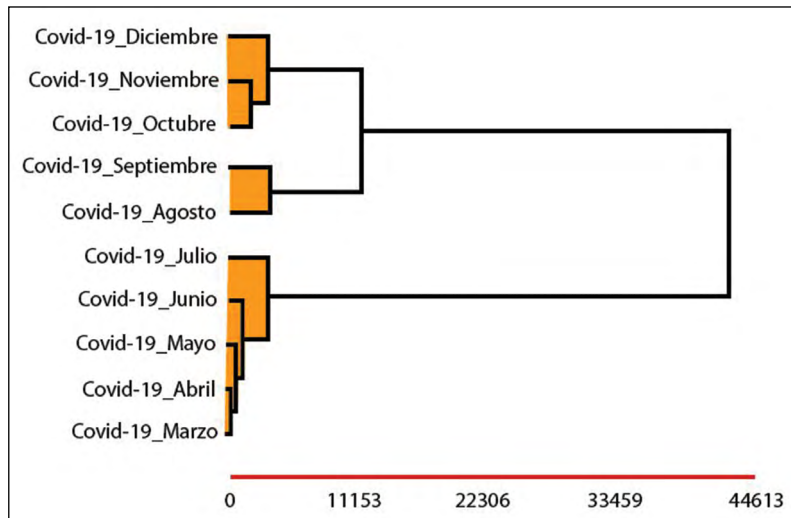
Con la finalidad de lograr una medida del impacto de los datos en la población de referencia, fue calculada la tasa de contagios cada cien mil habitantes [6] a partir de relacionar los datos originales de contagios con el total de población de la unidad espacial.

$$[6] \quad T = \left( \frac{C}{P} \right) * 100000$$

donde  $T$  es la tasa,  $C$  la cantidad de contagios y  $P$  el total de población.

A partir del cálculo de la tasa de contagios fueron construidas las diez variables utilizadas como base de la aplicación. A partir de ellas el análisis *cluster* aplicado a las variables se presenta en la figura 2 y el proceso de regionalización en las figuras 3 y 4.

Figura 2. Dendrograma. Clasificación de variables.  
Método de Ward, distancias euclidianas

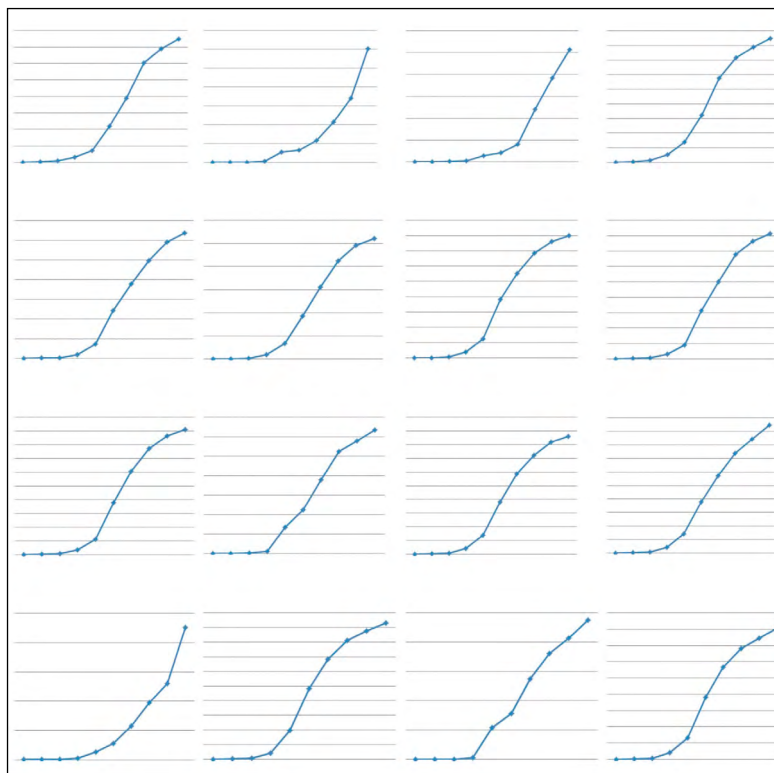


Fuente: Elaboración propia, 2021.

De forma clara surgen tres grupos que muestran un comportamiento que permite definir tres subperiodos: (1) marzo, abril, mayo, junio, julio; (2) agosto y septiembre; y (3) octubre, noviembre, diciembre.

La figura 3 presenta las líneas de evolución de contagios en los municipios del área de estudio apreciándose, en líneas generales, un comportamiento logístico que apoya la clasificación obtenida a través de tres momentos en la evolución: un crecimiento moderado, un crecimiento acelerado y un aplanamiento que comienza a aproximarse hacia un límite superior.

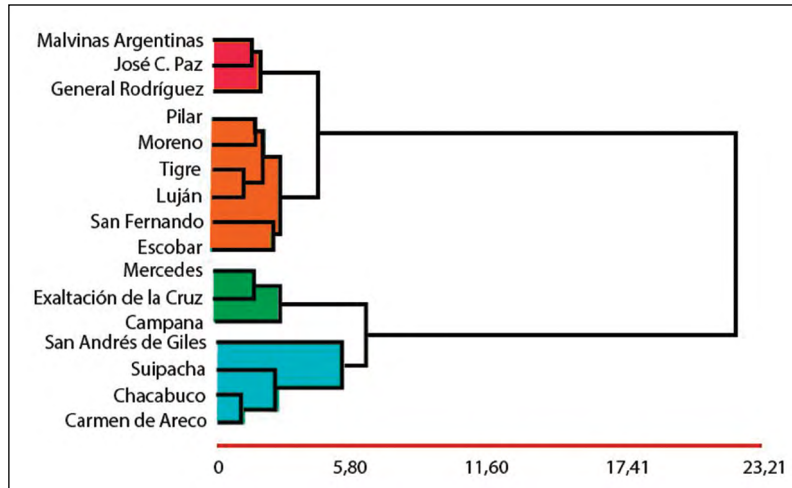
**Figura 3. Municipios. Evolución temporal del Covid-19  
(Cantidad de casos cada 100,000 habitantes)**



Fuente: Elaboración propia, 2021.

A continuación, los resultados de la regionalización dinámica pueden ser vistos a través del dendrograma que presenta los estados de agrupamiento de los municipios con la correspondiente cartografía.

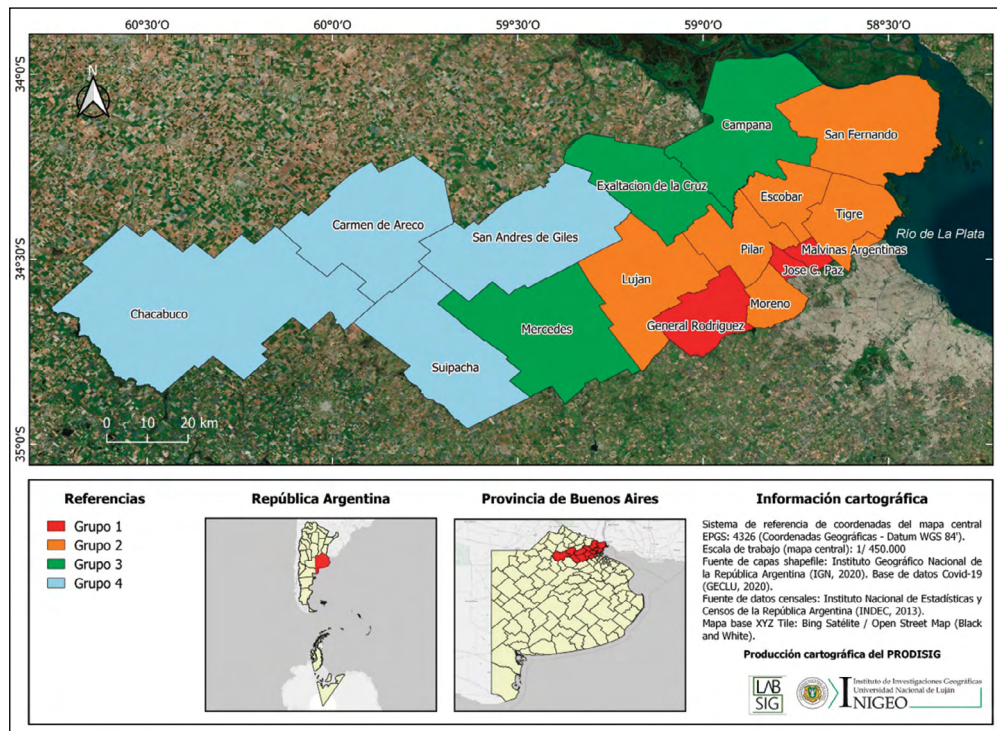
Figura 4. Dendrograma. Regionalización por agrupamiento de municipios



Fuente: Elaboración propia, 2021.

La regionalización fue realizada con base en el comportamiento evolutivo de la cantidad de casos de COVID-19 en cada municipio. La tipología evolutiva se manifiesta en una clara distribución espacial que presenta características diferenciales desde los más densos municipios urbanos hasta los externos municipios, principalmente rurales.

Figura 5. Regionalización



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Los gráficos de línea presentados en la figura 3 permiten comprobar que los cuatro grupos se sustentan en diferentes estados evolutivos de la curva logística de casos: (Región 1) final de la fase tres, (Región 2) transcurso de la fase 3, (Región 3) inicio de la fase 3 y (Región 4) final de la fase 2. El cuadro 1 presenta datos básicos para las regiones.

Cuadro 1. Datos básicos

<i>Región</i>	<i>Km<sup>2</sup></i>	<i>Población</i>	<i>Densidad</i>	<i>Hogares</i>	<i>HogNBI</i>	<i>%</i>	<i>Covid-19</i>	<i>%</i>
1	479	675.541	1.410	185.986	23 081	12,41	29.876	4,42
2	2 978	1 611.095	541	457.134	52 147	11,41	69.890	4,34
3	2 672	187.550	70	57.426	4 283	7,46	6.497	3,46
4	5 423	96.703	18	31.615	1 512	4,78	2.457	2,54
Total	11 552	2 570.889	223	732.161	81 023	11,04	108.720	4,23

Fuente: Elaboración propia, 2021.

A partir de estos datos se puede avanzar hacia dos principales conclusiones: (1) Los datos de Densidad y la clasificación evolutiva de casos de COVID-19 muestra que la curva logística tiene menor desarrollo desde las zonas urbanas a las rurales; (2) Los datos de Densidad y los casos de COVID-19 en valores absolutos muestran una relación positiva directa; (3) Los datos porcentuales de hogares con NBI y los datos porcentuales de casos de COVID-19 muestran una relación positiva directa. La relación causal aproximada en (3) será analizada detalladamente en el próximo punto.

#### *Relación causal con Hogares con NBI*

La *hipótesis de pobreza* considera que los casos de COVID-19 pueden ser explicados en gran parte por la calidad de vida de la población, ya que ella genera, desde un punto de vista sistémico, diferentes niveles de vulnerabilidad (Principi, 2020) como resultado del comportamiento de variables que estructuran los condicionantes socio-espaciales de la salud (Buzai y Santana, 2018).

Una aproximación que lleva a buscar una respuesta a la hipótesis se realiza a través de la variable Hogares con Necesidades Básicas Insatisfechas (Hog\_NBI) como medida sintética, los cuales presentan algunas de las siguientes características (DINREP, 2014): (1) *vivienda inconveniente*: tipo de vivienda como habitaciones en inquilinatos, hoteles, pensiones, viviendas precarias o no destinadas a fines habitacionales; (2) *carencias sanitarias*: no poseen retrete; (3) *condición de hacinamiento*: crítico con más de tres personas por cuarto; (4) *inasistencia escolar*: tienen al menos un niño en edad escolar (6 a 12 años) que no asiste a la escuela; (5) *capacidad de subsistencia*: con cuatro o más

personas por miembro ocupado y que tienen un jefe de familia que no completó 3<sup>er</sup> grado de estudios primarios.

Se presenta el cálculo de correlación [4] entre los datos de Hogares con NBI en valores absolutos y porcentuales en cada unidad espacial en relación con los casos confirmados de COVID-19 en cada mes.

**Cuadro 2. Correlaciones entre pobreza y casos de Covid-19**

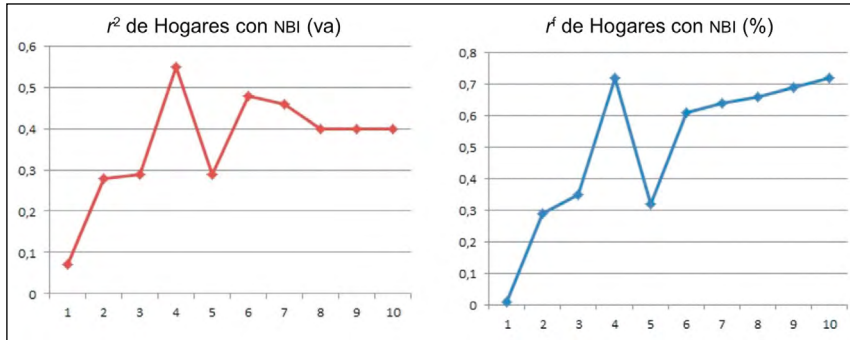
<i>Variables</i>	<i>Hogares con NBI (ua)</i>		<i>Hogares con NBI (%)</i>	
	<i>r</i>	<i>r</i> <sup>2</sup>	<i>r</i>	<i>r</i> <sup>2</sup>
<i>Contagios de Covid-19</i>				
Covid-19_marzo	0,27	0,07	0,11	0,01
Covid-19_abril	0,53	0,28	0,54	0,29
Covid-19_mayo	0,54	0,29	0,59	0,35
Covid-19_junio	0,74	0,55	0,85	0,72
Covid-19_julio	0,54	0,29	0,57	0,32
Covid-19_agosto	0,69	0,48	0,78	0,61
Covid-19_septiembre	0,68	0,46	0,80	0,61
Covid-19_octubre	0,63	0,40	0,81	0,66
Covid-19_noviembre	0,63	0,40	0,83	0,69
Covid-19_diciembre	0,63	0,40	0,85	0,72

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Los resultados obtenidos correspondientes a la variación de los valores de correlación ( $r$ ) en los diferentes meses, sobre la finalización del periodo se estabiliza en  $r=0,63$  para los valores absolutos y en valores superiores  $r=0,80$  para los valores relativos, llegando en diciembre a  $r=0,85$ .

La figura 6 ejemplifica la evolución temporal del nivel explicativo del coeficiente de determinación ( $r^2$ ).

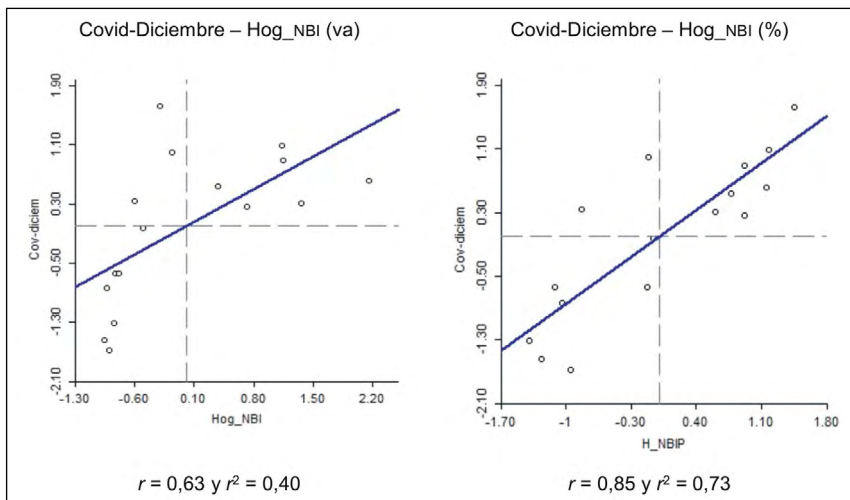
Figura 6. Evolución del coeficiente de determinación



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Los gráficos indican la evolución del nivel explicativo al considerar la relación causal entre las variables, en este sentido, la pobreza en valores absolutos explica 40% y en valores porcentuales explica 72% de los casos de COVID-19 en la cuenca del río Luján. Para finalizar, se visualiza la correlación obtenida en el mes de diciembre mediante la cual se infiere su nivel explicativo actual.

Figura 7. Correlación en el mes de diciembre  
(Hogares con NBI en valores absolutos y porcentaje)



Fuente: Elaboración propia, 2021.

## CONSIDERACIONES FINALES

El análisis de clasificación espacial es uno de los procedimientos centrales de la investigación geográfica. Desde un punto de vista cuantitativo existen importantes posibilidades que permiten contemplar una gran cantidad de variables para lograr el objetivo de definir espacios con características específicas en procedimientos inductivos por agregación de unidades espaciales en la búsqueda de generalidad.

En este trabajo fue aplicado el análisis *cluster*, demostrando su aptitud en la definición de formas de comportamiento de los casos de COVID-19 en su evolución espacio-temporal desde marzo hasta diciembre de 2020 en los municipios de la cuenca del río Luján. Su aplicación a la  $MC_V$  permitió definir tres periodos distintivos y su aplicación a la  $MC_{UE}$  permitió definir cuatro regiones internas que presentan diferentes estados de evolución en la curva logística hacia el límite de crecimiento en la ola de contagios.

Un avance mediante la utilización de técnicas del análisis exploratorio de datos espaciales, principalmente el cálculo de correlaciones y su visualización a partir de gráficos de dispersión, permitió responder a la *hipótesis de pobreza*. Los datos indican una evolución de corrimiento desde zonas favorecidas hacia zonas desfavorecidas, en el que la pobreza es claramente explicativa de la distribución espacial de los casos de COVID-19 en 40% para los valores absolutos y en 71% para la tasa de cada 100 mil habitantes.

Los resultados del trabajo muestran un comportamiento diferencial de la evolución en el área de estudio, ligada a la relación urbana-rural y una evaluación que comprueba la hipótesis de pobreza a partir de la evolución mensual del coeficiente de correlación. En este sentido, el mapa social aparece como factor subyacente del comportamiento que, mediante el empleo de técnicas geográficas cuantitativas, claramente se evidenció.

## AGRADECIMIENTO

A Luis Humacata por la sistematización de la base de datos realizada en el marco de los proyectos de investigación del Grupo de estudios de la cuenca del río Luján (GECLU).

## REFERENCIAS

- Berry, J. (1964). Approaches to Regional Analysis: A Synthesis. *Annals of the Association of American Geographers*, 54 (1), pp. 2-11.
- Bosque, J. y. Moreno, A. (1994). *Prácticas de análisis exploratorio y multivariante de datos*, Barcelona: Oikos tau.
- Bunge, M. (1978). *Causalidad. El principio de causalidad en la ciencia moderna*, Buenos Aires: Eudeba.
- Buzai, G. (1990). Diferencias demoespaciales en el Gran Buenos Aires: distribuciones y tipologías 1980, *Análisis Geográfico*, 2 (4), pp. 5-27.
- Buzai, G. (2014). *Mapas Sociales Urbanos*, Buenos Aires: Lugar Editorial.
- Buzai, G. (2016). Regionalización socio-habitacional de los partidos de la cuenca del río Luján. *Anuario de la División Geografía*, Buenos Aires, 11, pp. 7-15.
- Buzai, G. (2020). De Wuhan a Luján. Evolución espacial del Covid-19. *Posición*, 3, pp. 1-21.
- Buzai, G. y Baxendale, C. (2002). La construcción de regiones mediante técnicas geográficas cuantitativas, *Gerencia Ambiental*, 9 (85), pp. 276-283.
- Buzai, G. y Baxendale, C.A. (2012). *Análisis Socioespacial con Sistemas de Información Geográfica*. Tomo 2, Buenos Aires: Lugar Editorial.
- Buzai, G. y García de León, A. (2018). Bases y actualidad de la Geografía Cuantitativa. En M. Fuenzalida, *et al.*, *Geografía, Geotecnología y Análisis Espacial: Tendencias, métodos y aplicaciones*, Santiago de Chile: Universidad Alberto Hurtado, pp. 52-78.
- Buzai, G. y Sánchez, D. (1998). Análisis regional y métodos geoestadísticos de regionalización. En G. Buzai y S. Matteucci (comp.) *Sistemas Ambientales Complejos: Herramientas de Análisis Espacial*, Buenos Aires: Eudeba, pp. 249-270.
- Buzai, G. y Santana, M. (2018). Condicionantes Socioespaciales de la Salud: bases y alcance conceptual. *Anuario de la División Geografía*, 12, pp. 170-184.
- Buzai, G. y Santana, M. (2019). *Métodos cuantitativos en Geografía Humana*, Luján: Instituto de Investigaciones Geográficas, Universidad Nacional de Luján.
- Chamussy, H., *et al.* (1980). *Iniciación a los métodos estadísticos en Geografía*, Barcelona: Ariel.
- Cole, J. y King, C. (1968). *Quantitative Geography*, Londres: John Wiley & Sons.
- DINREP (2014). *Necesidades Básicas Insatisfechas. Informe anual del año 2000*. Buenos Aires: Ministerio de Economía y Finanzas Públicas de la Nación, Dirección Nacional de Relaciones Económicas con las Provincias.

- García de León, A. y Humacata, L. (2019). Clasificación espacial exploratoria y multivariada con Sistemas de Información Geográfica. En G. Buzai, *et al.* (comp.) *Teoría y métodos de la Geografía Cuantitativa. Libro 2: Por una Geografía Empírica*, Luján: Instituto de Investigaciones Geográficas, pp. 39-58.
- Grigg, D. (1967). Regions, Models and Classes. En Chorley, *et al.* (edits.), *Integrated Models in Geography*. Londres: Methuen.
- Haggett, P. (1965). *Locational Analysis in Human Geography*. Londres: Edward Arnold (Trad.: *El análisis locacional en la Geografía Humana*, Barcelona: Oikos-tau, 1977).
- Hair, J., *et al.* (1999). *Análisis multivariante*. Madrid: Prentice Hall Iberia.
- Harvey, D. (1969). *Explanation in Geography*, Nueva York: St. Martin Press (Trad.: *Teorías, leyes y modelos en Geografía*. Madrid: Alianza, 1983).
- Humacata, L. y Montes, L. (2019). Clasificación espacial: aplicación a la cuenca del río Luján. E: G. Buzai y M. Santana (comp.) *Métodos cuantitativos en Geografía Humana*. Luján: Instituto de Investigaciones Geográficas, pp. 129-142.
- INDEC, 2013. *Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010. Base de datos REDATAM*. Buenos Aires: Instituto Nacional de Estadística y Censos.
- Oliveira, G., *et al.* (1981). *Quantificacao em Geografia*. Sao Paulo: Brasil.
- Principi, N. (2020). El enfoque sistémico en el análisis de riesgos en Geografía, *Anuario de la División Geografía*, 14, pp. 1-8.
- Racine, J. y Reymond, H. (1973). *L'analyse quantitative en géographie*, París: Presses Universitaires de France.
- Trinca, D. (2020). Geografía y Covid-19. *Revista Geográfica Venezolana*, 65 (2), pp. 266-269.
- Ward, J. (1963). Hierarchical Grouping to Optimize an Objective Function. *Journal of America Statistical Association*, 58, pp. 326-244.



# CONCENTRACIÓN



# CONTAGIADOS POR COVID-19: ANÁLISIS DE ÍNDICES DE CONCENTRACIÓN ESPACIAL EN LOS MUNICIPIOS DE LA CUENCA DEL RÍO LUJÁN DURANTE EL AÑO 2020

*Claudia A. Baxendale\**

## RESUMEN

En este capítulo se presenta la metodología, cálculo y análisis de los Índices de Concentración Espacial Global (ICEG), curvas de Lorenz e Índices de Concentración Espacial Areal (ICEA), realizados con base en la población contagiada de COVID-19 en los 16 municipios de la cuenca del río Luján desde los meses de marzo a diciembre del año 2020. Se busca analizar la evolución de la concentración espacial de los contagios mediante indicadores que brindan claridad para evaluar su comportamiento a nivel regional.

Palabras claves: Análisis espacial, concentración espacial, COVID-19, cuenca río Luján.

## ABSTRACT

This chapter presents the methodology, calculation and analysis of the Global Spatial Concentration Indices (ICEG), Lorenz curves and Areal Spatial Concentration Indices (ICEA), based on the population infected with COVID-19 in the 16 municipalities of the Luján River Basin from the months of March to December of the year 2020. It seeks to analyze the evolution of the spatial concentration of contagions through indicators that provide clarity to evaluate their behavior at the regional level.

Keywords: Spatial analysis, spatial concentration, COVID-19, Luján river basin.

---

\* [baxendale.claudia@fadu.uba.ar](mailto:baxendale.claudia@fadu.uba.ar) Universidad de Buenos Aires. Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo

## INTRODUCCIÓN

El presente capítulo tiene por objetivo realizar un análisis de los índices de concentración espacial de la población contagiada por COVID-19 en los meses de marzo a diciembre del año 2020, correspondiente a los 16 municipios de la cuenca del río Luján presentada como área de estudio.

El cálculo de estos índices de concentración espacial —mediante la utilización de planillas de cálculo en el tratamiento de datos numéricos, su representación gráfica en diagramas de líneas, y la realización de cartografía— busca responder a los siguientes interrogantes:

- a) ¿Hubo concentración espacial de los casos de contagios de COVID-19 en la cuenca del río Luján?
- b) ¿Cómo fue la evolución de la concentración espacial de casos de contagios de COVID-19 en la cuenca del río Luján durante el año 2020, comparada con una distribución espacial equitativa, hipotética, en el área de estudio?
- c) ¿Cuáles son los municipios donde se produjeron las mayores concentraciones espaciales de contagiados de COVID-19 a lo largo de los meses del año 2020?

La metodología y análisis presentados en este capítulo se realizó con base en adaptaciones de los Índices de Segregación Espacial Global y Areal (Buzai y Baxendale, 2006 y 2012).

Para responder a las primeras interrogantes, se calculan los Índices de Concentración Espacial Global (ICEG) de cada mes de la serie de datos, junto con la representación de la Curva de Lorenz. Para dar respuesta a la tercera pregunta, dirigida a la distribución espacial de la concentración, se acudirá al cálculo y mapeo de los Índices de Concentración Espacial Areal (ICEA) (Buzai y Baxendale, 2019).<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> El cálculo y análisis de Índices de Concentración Espacial Global y Areal fue presentado en Buzai y Baxendale (2019) en relación con la población boliviana en la cuenca del río Luján.

### *Área de estudio e información de base*

El área de estudio corresponde a los 16 municipios de la cuenca del río Luján que suman una superficie total de 11 552 km<sup>2</sup>, según información suministrada por el GECLU (Grupo de Estudios de la Cuenca del río Luján, Universidad Nacional de Luján); y una población total de 2 570 689 habitantes (INDEC, 2013). La serie de datos correspondiente al número de contagiados y muertes por COVID-19 desde el mes de marzo al mes de diciembre del año 2020 fue provista también por el GECLU.

A modo de información de referencia se presenta el siguiente cuadro con la población, superficie, ubicación en la cuenca, integración al Aglomerado Gran Buenos Aires y contagios en los meses de marzo, agosto y diciembre de cada municipio, según cortes temporales seleccionados al inicio, final y mediados del periodo.

Cuadro 1. Municipios de la cuenca del río Luján. Situación en el Aglomerado Gran Buenos Aires, población, superficie y contagios Covid-19 en los meses de marzo, agosto y diciembre

ID	Nombre	Sector en Cuenca / Integración de los 30 municipios del Aglomerado Gran Buenos Aires (INDEC, 2003)	Población 2020	Superficie km <sup>2</sup>	Contagios 2020		
					Marzo	Agosto	Diciembre
1	Campana	Baja / NO	94 461	986	1	1 039	3 531
2	Carmen de Areco	Alta / NO	14 692	1 061	0	47	442
3	Chacabuco	Alta / NO	48 703	2 290	0	98	1 255
4	Escobar	Baja / SI parcialmente	213 619	301	5	3 452	9 071
5	Exaltación de la Cruz	Baja / NO	29 805	637	1	363	951
6	General Rodríguez	Media / SI parcialmente	87 185	366	0	1 621	4 550
7	José C. Paz	Baja / SI totalmente	265 981	50	1	5 100	10 641
8	Luján	Media / NO	106 273	771	3	1 670	4 316
9	Malvinas Argentinas	Baja / SI totalmente	322 375	63	6	6 121	14 685
10	Mercedes	Alta / NO	63 284	1 049	1	711	2 015
11	Moreno	Baja / SI parcialmente	452 505	186	26	8 622	19 530
12	Pilar	Baja / SI parcialmente	299 077	385	13	5 634	14 170
13	San Andrés de Giles	Alta / NO	23 027	1 129	2	64	520
14	San Fernando	Baja / SI parcialmente	163 240	953	4	3 927	7 604
15	Suipacha	Alta / NO	10 081	943	0	79	240
16	Tigre	Baja / SI parcialmente	376 381	382	10	7 170	15 199
	<b>Total</b>		<b>2 570 689</b>	<b>11 552</b>	<b>73</b>	<b>45 718</b>	<b>108 720</b>

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Cabe indicar que, geográficamente, la cuenca del río Luján se localiza cerca de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, capital de la República Argentina. De los 16 municipios que la integran, la mayoría de los ubicados en la cuenca baja y media, conforman total o parcial el denominado Aglomerado Gran Buenos Aires, entendido este como el área geográfica delimitada por la “envolvente de población” o línea que marca el límite hasta donde se extiende la continuidad de viviendas urbanas. Según definiciones del Instituto Nacional de Estadística y Censos, el Aglomerado Gran Buenos Aires incluye la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y 30 partidos o municipios<sup>2</sup> de la Provincia (INDEC, 2003).

En la República Argentina el término *aglomerado* refiere a una localidad definida desde un criterio físico como concentración espacial de ciertos elementos artificiales, tales como edificios y calles, que atraviesa límites de provincias, departamentos, partidos o áreas de gobierno local —municipios, comunas, jurisdicciones de comisiones de fomento, etcétera, siendo una terminología que varía de una provincia a otra; INDEC, 1998. El adjetivo *gran* alude a aglomerados cuyo tamaño supera los 100 000 habitantes.

La integración o no de los municipios de la cuenca en el llamado Aglomerado Gran Buenos Aires, y en la denominada Región Metropolitana, indica el comportamiento y localización relativa a ciertas dinámicas urbanas, propia de zonas de aglomeración, de gran incidencia en el contagio y difusión de enfermedades infecciosas.

En función de sus dinámicas socioespaciales pueden considerarse tres grandes grupos de partidos con base en variables sociohabitacionales, según Buzai y Baxendale (2017), y sintéticamente en Buzai (2019):

- a) Los partidos de Malvinas Argentinas, José C. Paz, Moreno, General Rodríguez, Pilar y Escobar quedan agrupados con condiciones socioespaciales desfavorables en una ubicación anular exterior del Gran Buenos Aires.
- b) Los partidos de San Fernando, Tigre, Campana, con una ubicación y desarrollo hacia el norte del Gran Buenos Aires sobre un eje fluvial-industrial, presentan condiciones favorables en la situación socioespacial en un contexto urbano.

---

<sup>2</sup> En la Provincia de Buenos Aires los departamentos censales se denominan partidos y coinciden espacialmente con los municipios (áreas de gobierno local). Esto no es así en todas las provincias de la República Argentina.

- c) Los partidos de Luján, Exaltación de la Cruz, Mercedes, San Andrés de Giles, Suipacha, Carmen de Areco, quedan agrupados en un *cluster* con condiciones favorables en su situación socioespacial, pero en contexto rural dada su localización hacia el centro de la Provincia de Buenos Aires.

Por la importancia que presentan las condiciones de la vivienda, en relación con la difusión de una enfermedad contagiosa, destacamos del análisis, que en términos relativos, a nivel univariado, los municipios de General Rodríguez, Moreno, José C. Paz, Pilar, Malvinas Argentinas y Escobar son las unidades espaciales que presentan valores altos y muy altos del Índice de Hacinamiento, el cual mide la relación entre las personas que habitan una vivienda y los cuartos disponibles como unidades de alojamiento.

Sintetizando se señala que, básicamente, deben considerarse dinámicas poblacionales y espaciales rurales hacia la parte alta de la Cuenca y dinámicas propias de espacios urbanos hacia la cuenca media y baja; con espacios rururbanos en los alrededores de las localidades medias y pequeñas, y espacios periurbanos en los espacios contiguos al Aglomerado Gran Buenos Aires (Montes y Márquez, 2019).

### *Cálculo de indicadores de concentración espacial: Metodología y aplicación*

Para analizar la evolución de la concentración espacial de casos de contagiados de COVID-19 en la cuenca del río Luján durante el año 2020, se utiliza el Índice de Concentración Espacial Global (ICEG), la Curva de Lorenz y el Índice de Concentración Espacial Areal (ICEA).

Como indican Estebanez y Bradshaw (1978), las medidas de concentración y desigualdad constituyen un tema esencial en las ciencias sociales y, desde el análisis geográfico, consideran que involucran los términos de *concentración*, *desigualdad* y *dispersión* utilizados indistintamente en los estudios a realizar.

El Índice de Concentración Espacial Global (ICEG) ofrece una medida de concentración espacial de un tema poblacional; en este análisis alude a la población contagiada por COVID-19, dentro del área de estudio total, correspondiente a la cuenca del río Luján.

Para el cálculo del Índice se aplica la siguiente fórmula, donde:

$$(1) \text{ ICEG}_{sup, b} = 0,50 \sum_{i=1}^n |sup\%_i - b\%_i|$$

$\text{ICEG}_{sup, b}$  es el Índice de Concentración Espacial Global para la categoría poblacional  $b$  (población contagiada con COVID-19), en relación con la superficie.

$sup\%_i$  es la participación porcentual de la superficie de cada unidad espacial respecto a la superficie total del área de estudio.

$b\%_i$  es la participación porcentual de la categoría poblacional analizada, en cada unidad espacial, respecto a la población total de dicha categoría poblacional en el área de estudio.

0,50 es una constante que permite utilizar solamente la suma de los valores positivos o negativos (50% del total en valores absolutos).

$\sum_{i=1}^n |sup\%_i - b\%_i|$  sumatoria de los valores absolutos de la diferencia entre la participación porcentual de la superficie de cada unidad espacial, y la participación porcentual de la categoría poblacional —respecto a los valores totales correspondientes del área de estudio.

**Cuadro 2. Tabla genérica para el cálculo del ICEG**

	<i>Columnas</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>F</i>
<i>Filas</i>	<i>Unidad Espacial</i>	<i>Superficie</i>	<i>Categoría poblacional</i>	<i>Superficie %</i>	<i>Categoría poblacional %</i>	<i>Diferencia</i>	<i>Valor absoluto de la diferencia</i>
1	UE <sub>1</sub>						
2	UE <sub>2</sub>						
3	UE <sub>3</sub>						
4							
5	UE <sub>n</sub>						
	Sumatorias			100	100	0	

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Para interpretar el resultado del ICEG estimamos que cuando no existe concentración espacial de la variable considerada, es decir, que tanto la participación porcentual de la superficie de la unidad espacial como la participación porcentual de la categoría poblacional de la misma, es igual respecto al total del área de estudio: el resultado del ICEG. Así entonces, en tanto mayores sean las diferencias, mayor será la concentración espacial hasta llegar a un valor máximo en el índice que tienda a cien.

Por su parte, la curva de Lorenz (Oliveira y Nentwig, 1981) es una representación gráfica que puede utilizarse para medir el grado de concentración espacial de una categoría poblacional bajo estudio, respecto a la superficie total del área de estudio. Para ello se consideran los porcentajes acumulados en los ejes de coordenadas  $x$ - $y$ , el eje  $x$  tendrá los valores porcentuales acumulados de superficie de las unidades espaciales del área de estudio, y el eje  $y$  incluirá los valores porcentuales acumulados de la categoría poblacional analizada.

Para su cálculo debe agregarse a las columnas de la tabla anterior una columna de *Densidad* al dividir la categoría poblacional bajo el estudio de cada unidad espacial por la superficie de dicha unidad espacial. Con base en esta columna de *Densidad* se ordena la matriz en forma decreciente.

Ordenada la matriz, las columnas de *Superficie %* y *Categoría Poblacional %* permiten la creación de otras dos columnas con los datos de estas en valores acumulados. El valor acumulado en la última fila de cada una de estas columnas da cien.

Estos últimos resultados son los que permiten representar la curva de Lorenz a partir de un gráfico de coordenadas  $x$ - $y$ , ubicando en el eje  $x$  los valores acumulados de la participación porcentual de la superficie.

La concentración de la categoría poblacional analizada estará vinculada a la separación que se verifica entre la recta de distribución equitativa  $x = y$ , y la curva de concentración obtenida, entre las cuales se forma la superficie de concentración.

Para analizar las concentraciones espaciales de contagiados de COVID-19 a lo largo de los meses del año 2020, en los municipios de la cuenca del río Luján se recurre al Índice de Concentración Espacial Areal para cada una de las unidades espaciales, dividiendo el valor de la participación porcentual de la categoría poblacional bajo estudio por el valor de la participación porcentual de la superficie de la unidad espacial.

$$(2) = ICEA_i = \frac{b_i (\%)}{Sup_i (\%)}$$

**Cuadro 3. Tabla genérica con columnas a agregar para la obtención de la Curva de Lorenz y del ICEA**

	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>F</i>	<i>G</i>	<i>H</i>
<i>Unidad Espacial</i>	<i>Superficie</i>	<i>Categoría poblacional</i>	<i>Superficie %</i>	<i>Categoría poblacional %</i>	<i>Densidad</i>	<i>Superficie % Acumulado</i>	<i>Categoría poblacional % Acumulado</i>	<i>ICEA</i>
1	UE <sub>1</sub>							
2	UE <sub>2</sub>							
3	UE <sub>3</sub>							
4								
5	UE <sub>n</sub>					100	100	
	Sumatorias		100	100				

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Los  $ICEA > 1$  corresponden a unidades espaciales en las cuales la participación porcentual de la categoría poblacional bajo estudio es mayor a la participación porcentual de la superficie de dicha unidad espacial —ambos valores en relación con los totales del área de estudio—; existiendo, por lo tanto, *concentración espacial*.

Un  $ICEA$  cercano a 1 se presenta en los casos en que las proporciones se distribuyen en forma similar, y un  $ICEA < 1$  corresponde a unidades espaciales en las cuales la participación porcentual de la categoría poblacional bajo estudio es menor o tiene menor peso a la participación porcentual de la superficie.

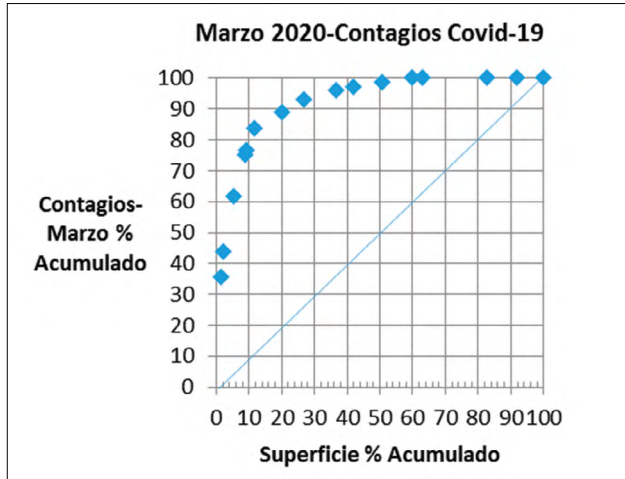
A modo de ejemplo se presenta el desarrollo de los cálculos realizados para el mes de marzo de 2020.

Cuadro 4. Municipios cuenca río Luján.  
Cálculos para graficar la Curva de Lorenz e Índice de Concentración Espacial Areal. Contagios Covid-19, marzo de 2020

Municipio	Superficie	Contagios Marzo	Sup %	Contagios %	Diferencia	Valor absoluto de la diferencia	Densidad (Orden decreciente)	Sup % Acumulado	Contagios % Acumulado	ICEA
Moreno	186	26	1,610	35,616	-34,006	34,006	0,140	1,6101	35,616	22,120
Malvinas Argentinas	63	6	0,545	8,219	-7,674	7,674	0,095	2,1555	43,836	15,071
Pilar	385	13	3,333	17,808	-14,475	14,475	0,034	5,4882	61,644	5,343
Tigre	382	10	3,307	13,699	-10,392	10,392	0,026	8,7950	75,342	4,143
José C. Paz	50	1	0,433	1,370	-0,937	0,937	0,020	9,2278	76,712	3,165
Escobar	301	5	2,606	6,849	-4,244	4,244	0,017	11,8334	83,562	2,629
San Fernando	953	4	8,250	5,479	2,770	2,770	0,004	20,0831	89,041	0,664
Luján	771	3	6,674	4,110	2,565	2,565	0,004	26,7573	93,151	0,616
San Andrés de Giles	1129	2	9,773	2,740	7,033	7,033	0,002	36,5305	95,890	0,280
Exaltación de la Cruz	637	1	5,514	1,370	4,144	4,144	0,002	42,0447	97,260	0,248
Campana	986	1	8,535	1,370	7,165	7,165	0,001	50,5800	98,630	0,160
Mercedes	1049	1	9,081	1,370	7,711	7,711	0,001	59,6607	100,000	0,151
General Rodríguez	366	0	3,168	0,000	3,168	3,168	0,000	62,8289	100,000	0,000
Chacabuco	2290	0	19,823	0,000	19,823	19,823	0,000	82,6524	100,000	0,000
Carmen de Areco	1061	0	9,185	0,000	9,185	9,185	0,000	91,8369	100,000	0,000
Suipacha	943	0	8,163	0,000	8,163	8,163	0,000	100,0000	100,000	0,000
Total	11552	73	100	100	0	143	0			

Fuente: Elaboración propia, 2021.  
Índice de Concentración Espacial Global- Marzo = 72  
(0,5 \* Sumatorio del Valor absoluto de la diferencia) = 72.

Figura 1. Curva de Lorenz – Contagios Covid-19, marzo 2020



Fuente: Elaboración propia, 2021.

El análisis de los datos del mes de marzo nos indica una alta concentración espacial de población contagiada de Covid-19 en el área de la cuenca del río Luján, observándose que en 20% de la superficie de la cuenca se concentraban aproximadamente 90% del total de casos de población contagiada en el total del área de estudio.

Asimismo, por unidad espacial, permite observar cómo los municipios de Moreno y Malvinas Argentinas, con solamente 2% en la participación porcentual del total de la superficie del área de estudio, concentran aproximadamente 44% del total de los contagios, presentando valores muy altos del ICEA en términos comparativos al resto de los municipios. En el caso del municipio de Moreno, el ICEA arroja un valor de 22 indicando que la concentración de los contagios, en dicha unidad espacial, es 22 veces superior a la participación de su superficie en el área total de la cuenca.

En el siguiente cuadro se presentan los resultados obtenidos para la cuenca en su totalidad:

**Cuadro 5. Cuenca río Luján**  
**Contagios Covid-19 de marzo a diciembre del año 2020**

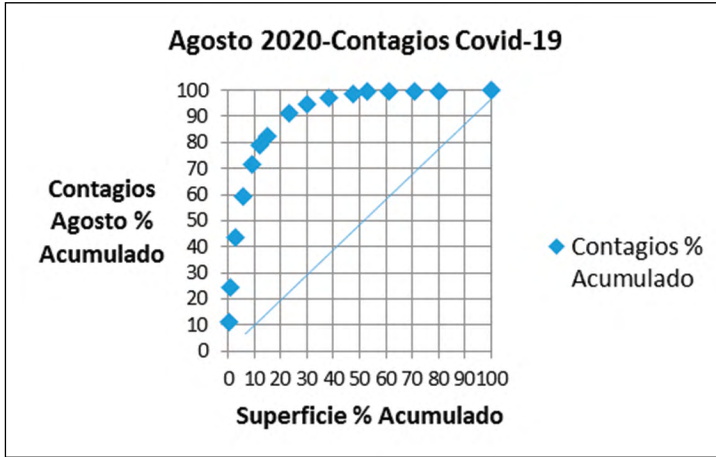
<i>Mes</i>	<i>Total de contagios</i>	<i>Crecimiento relativo intermensual % - mes anterior-</i>	<i>Densidad contagios/km<sup>2</sup></i>	<i>Índice de Concentración Espacial Global</i>
Marzo	73		0,006	71,728
Abril	305	317,808	0,026	68,167
Mayo	815	167,213	0,071	68,535
Junio	4760	484,049	0,412	69,788
Julio	16395	244,433	1,419	67,368
Agosto	45718	178,853	3,958	67,844
Septiembre	70856	54,985	6,134	67,535
Octubre	89748	26,663	7,769	66,466
Noviembre	100782	12,294	8,724	66,248
Diciembre	108720	7,876	9,411	65,798

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Se observa el crecimiento constante de los valores absolutos de contagios durante los meses del periodo considerado, registrándose el valor máximo de crecimiento relativo intermensual en junio, a partir del cual fueron disminuyendo. Por su parte, la *Densidad* de contagiados por km<sup>2</sup> fue aumentando con el paso del tiempo, en tanto que desde el mes de junio los ICEG fueron disminuyendo, indicando una mayor dispersión del fenómeno en el área total de estudio, pero claramente conservando valores altos según queda manifestado en las curvas de Lorenz de los meses de agosto y diciembre.

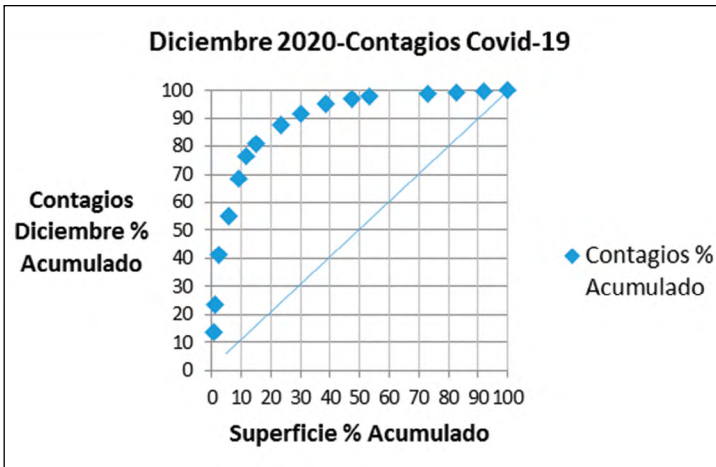
A mediados y finales del periodo, la acumulación de casos de contagios llega a un valor de 90%, ocupando solamente entre 20 y 30% de la superficie del área de estudio.

Figura 2. Curva de Lorenz – Contagios Covid-19, agosto 2020



Fuente: Elaboración propia, 2021.

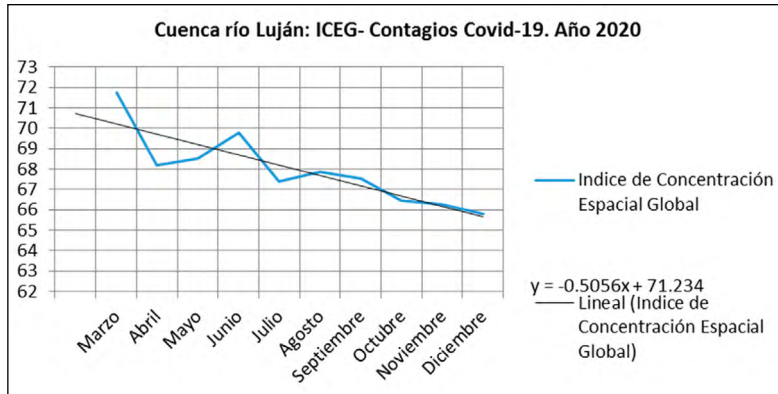
Figura 3. Curva de Lorenz – Contagios Covid-19, diciembre 2020



Fuente: Elaboración propia, 2021.

En el siguiente gráfico se observa cómo va descendiendo el ICEG con una línea de tendencia negativa.

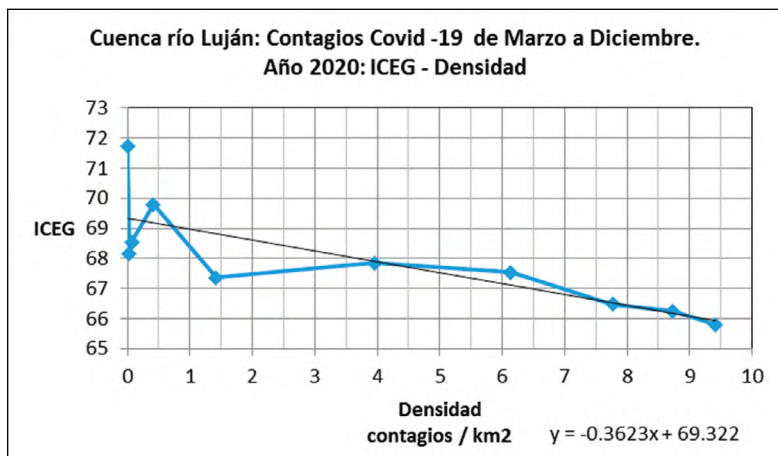
Figura 4. Cuenca río Luján: Índice de Concentración Espacial Global. Contagios Covid-19, marzo a diciembre del año 2020



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Por su parte, el índice de correlación entre los ICEG y las Densidades, como es esperable, arroja un valor alto y negativo del -0,796. La relación entre ambas variables se observa en el siguiente gráfico.

Figura 5. Cuenca río Luján: Contagios Covid-19. Marzo a diciembre de 2020. Relación entre el ICEG y la Densidad



Fuente: Elaboración propia, 2021.

A continuación, se presenta una tabla con los Índices de Concentración Espacial Areal (ICEAS) para cada uno de los municipios que forman parte de la cuenca del río Luján a lo largo de los meses del periodo considerado.

**Cuadro 6. Municipios de la cuenca del río Luján.  
Índices de Concentración Espacial Areal de marzo a diciembre.  
Contagios Covid-19. Año 2020**

ID	Municipio	ÍNDICE DE CONCENTRACIÓN ESPACIAL AREAL (ICEA)									
		Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sep.	Octubre	Nov.	Dic.
1	Campana	0,160	0,307	0,503	0,369	0,243	0,266	0,303	0,372	0,378	0,381
2	Carmen de Areco	0,000	0,000	0,000	0,009	0,026	0,011	0,013	0,019	0,027	0,044
3	Chacabuco	0,000	0,000	0,037	0,008	0,020	0,011	0,014	0,033	0,047	0,058
4	Escobar	2,629	4,530	6,263	4,394	3,448	2,898	3,337	3,278	3,209	3,202
5	Exaltación de la Cruz	0,248	0,119	0,089	0,099	0,121	0,144	0,144	0,150	0,159	0,159
6	General Rodríguez	0,000	0,621	0,581	1,054	1,105	1,119	1,202	1,304	1,341	1,321
7	José C. Paz	3,165	9,090	18,143	24,075	23,083	25,773	23,963	23,491	23,191	22,613
8	Luján	0,616	0,835	0,699	0,510	0,434	0,547	0,563	0,600	0,605	0,595
9	Malvinas Argentinas	15,071	18,637	25,199	20,455	20,422	24,550	25,252	25,382	25,345	24,767
10	Mercedes	0,151	0,072	0,041	0,074	0,285	0,171	0,186	0,204	0,200	0,204
11	Moreno	22,120	9,163	9,831	12,435	11,800	11,713	11,636	11,312	11,414	11,157
12	Pilar	5,343	6,198	4,197	3,814	3,926	3,698	3,625	3,692	3,756	3,911
13	San Andrés de Giles	0,280	0,067	0,025	0,015	0,019	0,014	0,019	0,026	0,030	0,049
14	San Fernando	0,664	0,954	0,848	0,845	1,192	1,041	0,953	0,896	0,863	0,848
15	Suipacha	0,000	0,000	0,000	0,008	0,040	0,021	0,024	0,025	0,025	0,027
16	Tigre	4,143	5,652	3,822	4,746	4,563	4,743	4,559	4,315	4,199	4,228

Fuente: Elaboración propia, 2021.

En la tabla se observan los altos valores del ICEA que presentan los municipios de Malvinas Argentinas a lo largo de todos los meses del periodo; así también, cómo bajó el valor en el municipio de Moreno después de su registro en marzo, pero manteniendo valores altos durante todos los meses y el protagonismo que comienza a tener José C. Paz a partir del mes de mayo. Estas unidades espaciales corresponden a los municipios más urbanizados del área de estudio y presentan valores, en general, superiores a 10. Este resultado se interpreta considerando que la participación porcentual de los

contagiados, en dichos municipios, superan 10 veces la participación porcentual de su superficie en el total de la superficie de la cuenca. Es decir, el peso de los contagios en estos municipios supera en general, a lo largo de los meses del periodo, el peso de sus superficies en el total de la cuenca en 10 puntos.

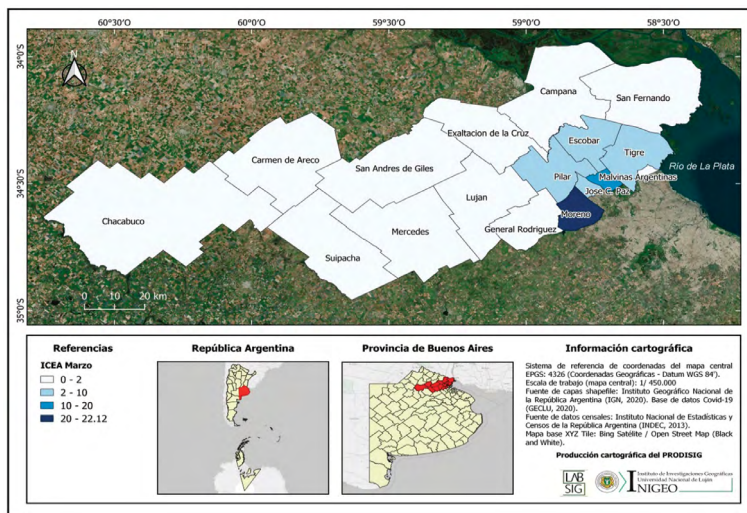
Si se realiza un análisis en función de observar cómo varían los municipios que llegan a acumular 90% de los contagios, según el ordenamiento decreciente del indicador *Densidad*, la variación es mínima a lo largo de los meses.

De marzo a mayo, 93% de los contagios, aproximadamente, quedan acumulados en el mes de marzo en los municipios de Moreno, Malvinas Argentinas, Pilar, Tigre, José C. Paz, Escobar, San Fernando y Luján. A lo largo de este trimestre va subiendo en el orden José C. Paz y descendiendo Pilar. Exceptuando Luján, todos los municipios se ubican en la cuenca baja. En los meses restantes del periodo analizado se mantienen los mismos municipios, llegando a 90% de acumulación de los contagios, estando José C. Paz, Malvinas Argentinas, Moreno y Tigre en los primeros cuatro puestos. Los municipios de Pilar, Escobar, General Rodríguez, San Fernando y Luján varían levemente su orden según el mes.

Se considera que los municipios de Exaltación de la Cruz y Campana, en la cuenca baja, como los municipios de Mercedes, Suipacha, San Andrés de Giles, Carmen de Areco y Chacabuco, ubicados en la cuenca alta, no participan en la concentración superficial de los casos de contagios en la cuenca como área de estudio total.

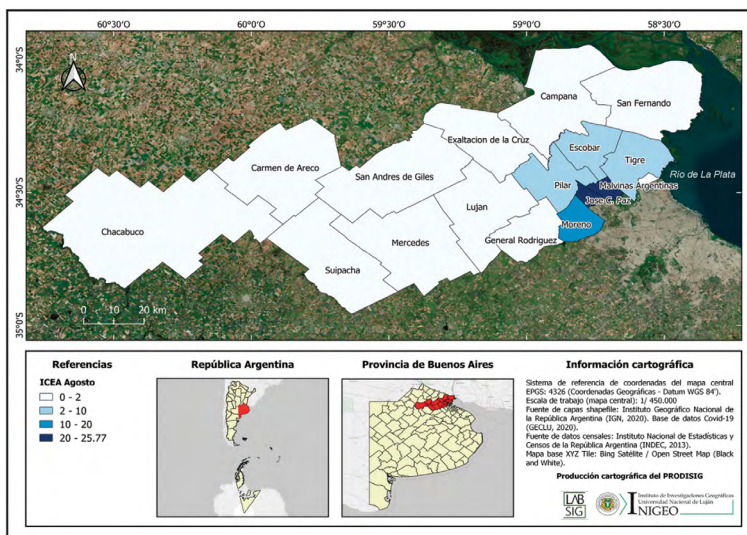
Enseguida se presenta la cartografía con la representación del ICEA en los meses de marzo, agosto y diciembre. Los límites de los intervalos de clase se definieron en función de la interpretación del Índice de Concentración Espacial Areal.

**Mapa 1. Municipios de la cuenca del río Luján  
Índice de Concentración Espacial Areal. Marzo 2020. Contagios Covid-19**



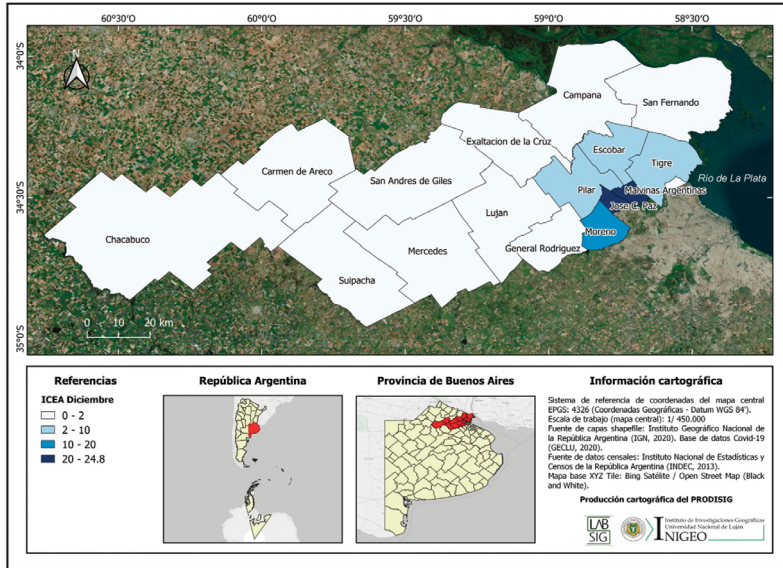
Fuente: Elaboración propia, 2021.

**Mapa 2. Municipios de la cuenca del río Luján  
Índice de Concentración Espacial Areal. Agosto 2020. Contagios Covid-19**



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Mapa 3. Municipios de la cuenca del río Luján  
Índice de Concentración Espacial Areal. Diciembre 2020. Contagios Covid-19



Fuente: Elaboración propia, 2021.

## CONSIDERACIONES FINALES

Como se ha observado, la concentración espacial global de los contagios no ha sufrido cambios significativos a lo largo de los meses del periodo considerado, por lo cual, en general, en 25% de la superficie total de la cuenca se llega a la concentración de 90% de los contagios. Lo mismo ha sucedido con los Índices de Concentración Espacial Areal, especialmente a partir del mes de abril.

Según lo esperado, el cálculo y análisis de los Índices de Concentración Espacial Areal, confirman que los municipios de José C. Paz y Malvinas Argentinas cuya población y superficie integran totalmente el Aglomerado Gran Buenos Aires, junto con el municipio de Moreno que lo integra parcialmente, presentan las *Densidades* de contagios más altas, y de allí sus valores altos en el ICEA superando los 10 puntos y llegando a valores de veinticinco.

La dinámica de la población urbana con sus interacciones queda plasmada en el espacio con los procesos asociados a la aglomeración, siendo estos los factores que explicarían la concentración de contagiados de COVID-19 en el área analizada en este trabajo.

#### AGRADECIMIENTOS

A Luis Humacata, director del Grupo de Estudios de la Cuenca del río Luján (GECLU), y su equipo, por la sistematización de la información de base que ha permitido la realización de estos análisis.

A Gustavo D. Buzai por los aportes y debates metodológicos para la adaptación de Índices de Segregación, de índole poblacionales, a Índices de Concentración Espacial que permiten profundizar los análisis geográficos en su dimensión espacial territorial.

A Eloy Montes Galbán y Noelia Principi por el diseño final de la cartografía.

## REFERENCIAS

- Buzai, G. (2019). Regionalización de los partidos de la cuenca del río Luján. En G. Buzai y S. Lanzelotti (comp.) *Atlas de Geografía Humana de la cuenca del río Luján*. Buenos Aires: Instituto de Investigación Geográficas. Universidad Nacional de Luján, pp. 174-175.
- Buzai, G. y Baxendale, C. (2006). *Análisis socioespacial con Sistemas de Información Geográfica*. Buenos Aires: Lugar Editorial.
- Buzai, G. y Baxendale, C. (2012). *Análisis Socioespacial con Sistemas de Información Geográfica. Ordenamiento territorial. Temáticas de base vectorial*. (Tomo2). Buenos Aires: Lugar Editorial.
- Buzai, G. y Baxendale, C. (2017). Regionalización socio-habitacional de los partidos de la cuenca del Río Luján. *Anuario de la División Geografía 2016 – 2017*. Luján, pp. 7-15.
- Buzai, G. y Baxendale, C. (2019). Método para el cálculo de concentración espacial. Aplicación a la población boliviana en los municipios de la cuenca del río Luján, Argentina. En G. Buzai, y Santana, M. (comp.) *Métodos cuantitativos en Geografía Humana*. Buenos Aires: Instituto de Investigaciones Geográficas, Universidad Nacional de Luján, pp. 67-79.
- Estébanez, J. y Bradshaw, R. (1978). *Técnicas de cuantificación en Geografía*. Madrid: Tebar Flores.
- INDEC (1998). *Censo Nacional de Población y Vivienda 1991. Serie D, No. 4. El concepto de localidad: definición, estudios de caso y fundamentos teóricos-metodológicos*. Buenos Aires: Autor.
- INDEC (2003). ¿Qué es el Gran Buenos Aires? Buenos Aires: Autor. Disponible en: [http://ffyl1.uncu.edu.ar/IMG/pdf/INDEC\\_2003\\_AMBA-conurbano\\_1\\_.pdf](http://ffyl1.uncu.edu.ar/IMG/pdf/INDEC_2003_AMBA-conurbano_1_.pdf) [Consultado el 14 de abril de 2021].
- INDEC (2006). *Definición de localidad*. Buenos Aires: Instituto Nacional de Estadística y Censos. [En línea, consultado el 14 de abril de 2021].
- INDEC (2013). *Censo Nacional de Población, Hogares y Vivienda 2010*. [Base de datos Redatam]. Buenos Aires: Instituto Nacional de Estadística y Censos.
- Montes, E. y Márquez, S. (2019). Contexto urbano-rural. En G. Buzai y S. Lanzelotti (comp.) *Atlas de Geografía Humana de la cuenca del río Luján*. Buenos Aires: Instituto de Investigación Geográficas. Universidad Nacional de Luján, p 290.
- Oliveira, G., y Nentwig, B. (1981). *Quantificacao em Geografia*. Sao Paulo: DIFEL.

# ANÁLISIS ESPACIAL DE DENSIDAD DE CONTAGIOS DE COVID-19 MEDIANTE ESTIMADORES *KERNEL*

*Luis Humacata\**

## RESUMEN

El presente capítulo desarrolla la propuesta metodológica basada en el método de interpolación espacial denominado Estimador de Densidad Kernel, orientado a la modelización cartográfica de densidades continuas, considerando valores absolutos y relativos de casos confirmados de COVID-19. El área de estudio corresponde a los municipios de la cuenca del río Luján (Argentina). A partir de los resultados cartográficos, se avanza en el análisis de la distribución espacio-temporal de las densidades de contagios. Estos resultados se presentan como aportes que la Geografía puede realizar en el ámbito de la planificación y gestión territorial a nivel urbano-regional.

Palabras clave: Análisis espacial, Interpolación, Densidad Kernel, Sistemas de Información Geográfica.

## ABSTRACT

This chapter develops the methodological proposal based on the spatial interpolation method called Kernel Density Estimator, oriented to the cartographic modeling of continuous densities, considering absolute and relative values of confirmed cases of COVID-19. The study area corresponds to the municipalities of the Luján river basin (Argentina). From the cartographic results, progress is made in the analysis of the spatio-temporal distribution of the contagion densities. These results are presented as contributions that Geography can make in the field of territorial planning and management at the urban-regional level.

---

\* luishumacata@hotmail.com Universidad Nacional de Luján. Instituto de Investigaciones Geográficas.

Keywords: Spatial analysis, Interpolation, Kernel Density, Geographic Information Systems.

## INTRODUCCIÓN

En el contexto de pandemia generada por la COVID-19, se ha demandado una intensa actividad a la comunidad científica no solo desde el ámbito de la salud, sino de todas aquellas ciencias que puedan aportar conocimientos orientados al comportamiento del virus en distintas escalas de análisis. La Geografía se ha presentado como una disciplina central dentro de las ciencias sociales, que generó aportes sobre la distribución y evolución espacial de la COVID-19 en distintas escalas espaciales. Podemos mencionar los primeros resultados cartográficos a nivel mundial, con datos en tiempo real de la propagación del virus en los distintos países elaborados por la Universidad Johns Hopkins, cuestión que remarcó el desarrollo actual de la cartografía como herramienta geotecnológica, ligada además del ámbito académico, a toda la sociedad en lo que se denomina *Neogeografía* (Turner, 2006).

La Geografía cuantitativa, en su carácter de ciencia espacial aplicada (Buzai, 2020a), se centra en la búsqueda de generalidades y regularidades en el análisis del espacio geográfico, generando conocimientos a un nivel de focalización espacial, apoyado en conceptos como los de localización, distribución espacial, asociación espacial, interacción espacial y evolución espacial, que se hacen operativos bajo la metodología del análisis espacial cuantitativo basada en el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG). Desde este paradigma geográfico, las aplicaciones geotecnológicas pretenden llegar a modelizaciones espaciales con la finalidad de explicar y predecir patrones espaciales, logrando un mayor alcance disciplinar que se extiende a otras ciencias que se interesan por la dimensión espacial en lo que se denomina *Geografía global* (Buzai, 1999).

Uno de los factores que debe tenerse en cuenta cuando se analiza la propagación de un virus, es el geográfico o espacial que condiciona el proceso de difusión espacial de cualquier enfermedad a partir de las relaciones funcionales que se presentan en el espacio geográfico. En este sentido, el presente capítulo va a desarrollar el concepto de interacción espacial y la aplicación metodológica basada en un método de interpolación espacial denominado *Estimador de Densidad Kernel*.

La propuesta metodológica se orienta a la modelización cartográfica de densidades continuas, considerando valores absolutos y relativos de casos confirmados de COVID-19 en los municipios de la cuenca del río Luján (Provincia de Buenos Aires, Argentina). A partir de los resultados cartográficos, se avanza en el análisis de la distribución espacio-temporal de las densidades de contagios. Estos resultados se presentan como aportes que la geografía puede realizar en el ámbito de la planificación y gestión territorial a nivel urbano-regional.

#### ANÁLISIS DE INTERACCIÓN ESPACIAL

La interacción espacial es un tema central en la teoría locacional (Haggett, 1975). Hace referencia a la existencia de flujos horizontales entre distintas entidades distribuidos sobre el espacio geográfico, dando lugar a un espacio relacional que presenta los vínculos que se establecen entre las localizaciones (Buzai, 2010; Pumain y Saint, 2014) bajo la influencia de determinados factores de localización, como la distancia definida como fricción espacial. Este aspecto hace referencia a una propiedad de la Geografía que indica la interdependencia de las localizaciones, es decir, que todas las entidades geográficas están relacionadas y que aquellas más cercanas guardan una mayor relación (Tobler, 1970), manteniendo una proporcionalidad decreciente dependiendo de la ubicación de cada localización.

El análisis de interacción espacial se orienta a medir las relaciones funcionales entre entidades geográficas con la finalidad de descubrir la estructura funcional del espacio geográfico. Dentro de esta línea de investigación se encuentran los estudios de áreas de influencia, de accesibilidad y de interacción espacial, enmarcados en los modelos gravitatorios de la física social en lo que se ha denominado *macrogeografía* (Warntz, 1975). Desde esta postura, la interacción espacial se basa en la relación entre el espacio absoluto y relativo a partir de considerar cada localización y su factor de diferenciación espacial como peso que ejerce influencia sobre las otras localizaciones, y la distancia como factor de fricción espacial, en tanto que mide la influencia de la interdependencia espacial.

El alcance temático de los modelos de interacción espacial ha presentado un fuerte crecimiento, acompañado por los adelantos en las geotecnologías que permiten la automatización de técnicas de análisis espacial y una mayor integración con modelos

matemáticos y estadísticos (Unwin, 1996). En este sentido, con base en Buzai y Baxendale (2013), podemos señalar algunos procedimientos de interacción espacial en el ámbito de los SIG, tales como la generación de *buffers* y polígonos de Thiessen para la determinación de áreas de influencia; isolíneas de accesibilidad (ideal, real, calidad en la comunicación, trayectorias); potencial de población para cálculos de interacción espacial de servicios; y estimación de superficies continuas para el cálculo de probabilidades espaciales. Este último aspecto es el que vamos a desarrollar en el presente capítulo.

#### METODOLOGÍA DE INTERPOLACIÓN ESPACIAL MEDIANTE ESTIMADOR KERNEL

Como hemos señalado, la distribución espacial de una variable en el espacio geográfico no se presenta de forma homogénea, sino más bien lo hace de forma irregular, mostrando áreas con mayores concentraciones de valores y llegando a definirse una serie de pautas de distribución espacial que responden a determinados patrones espaciales. Desde el análisis espacial cuantitativo (Buzai *et al.*, 2016), se trabaja con bases de datos georreferenciadas que contienen la cartografía digital y la información alfanumérica en formato de capas temáticas de tipo vectorial (puntos, líneas y áreas) o *raster* (celdas). La información puede provenir de fuentes directas o indirectas, dependiendo de la naturaleza y magnitud de la investigación. En este sentido, resulta fundamental el nivel de desagregación espacial, es decir, a qué unidades espaciales está referida la información. Cuando se trabaja con fuentes oficiales, comúnmente se consideran unidades político-administrativas, cuya forma y extensión no representan de forma correcta la distribución espacial de los fenómenos, generando una imagen distorsionada de la realidad bajo estudio (Moreno, 1991). En otros casos, la información se encuentra limitada sólo a algunas áreas, como las estaciones meteorológicas o muestras de altitud del terreno, lo que hace imposible contar con una distribución uniforme que abarque la totalidad del área de estudio. Frente a estos problemas de carácter metodológico, en los que se requieren procedimientos indirectos de cálculo, la Geografía cuantitativa se sirve de métodos estadísticos que le permiten arribar a soluciones a partir de los métodos de interpolación espacial.

La interpolación espacial hace referencia a la estimación de valores desconocidos en distintas localizaciones desde un conjunto de puntos con valores conocidos. Esto

significa que, a partir de un conjunto de observaciones, denominada *muestra*, en un espacio discreto, se calculan valores de probabilidad en un espacio continuo al que se denomina *superficie estadística*, ya que el resultado es una función de probabilidad con valores proyectados. Existe una gran variedad de métodos de interpolación espacial, desde los más simples basados en técnicas de triangulación, como los polígonos de Thiessen, hasta los que se apoyan en una matriz en formato de grilla regular, como Kernel, Inverso de la Distancia (IDW), y *kriging*, entre otros. El campo de aplicación también es amplio y en aumento, siendo posible su implementación para la generación de modelos digitales del terreno (Bosque y García, 2001), modelización cartográfica de isocronas para el análisis de la red de transporte público (Parras, 2015) y la difusión temporal de enfermedades (Ramírez, 2020), estimación de precipitaciones (Méndez y Calvo, 2015), análisis espacial del delito (Pezzuchi, 2003), desagregación de datos censales para el análisis urbano (Santos y García, 2003), evaluación espacio-temporal de la sedimentación (Romero y Montes, 2009) y evaluación de la calidad del aire (Rodríguez, 2014).

Una de las temáticas en las que más interés han puesto los geógrafos es el cálculo de la densidad (Moreno, 1991), la cual generalmente alude a la variable poblacional, y que puede ser definida como el cociente entre la cantidad de población que ocupa un área y la superficie de esta.

La modelización cartográfica de densidades puede abordarse desde dos perspectivas. Generalmente cuando se trabaja con unidades espaciales discretas (puntos, líneas y áreas), se procede a la elaboración de cartografía temática de una variable o índice a partir de intervalos de clase, representados en colores graduados, que indican los valores de intensidad de la variable en cada unidad espacial. Cuando el objetivo es analizar la variación de los valores de una unidad discreta, se deben generar unidades espaciales continuas (celdas o píxeles), que presentan los valores estimados a partir de puntos (muestras) conocidos. Los métodos geoestadísticos de interpolación, que apuntan a la generalización de datos en superficies continuas, se denominan métodos de desagregación espacial, tienen como objetivo generar una representación cartográfica compuesta por unidades espaciales de dimensiones menores a la unidad de referencia, superando las transiciones abruptas que se dan entre cada unidad discreta.

De esta manera, se presenta una alternativa metodológica para el estudio de la densidad en geografía que generalmente se ha basado en representarla a partir de unidades político-administrativas.

El método Estimación de Densidad Kernel (Núcleo) fue desarrollado a mediados del siglo XX, y utilizado en el ámbito geográfico a partir de la década de los noventa, teniendo una aceptación creciente por la comunidad de geógrafos cuantitativos (Moreno, 1991; Brundson, 1995; Escolano, 2002; De Cos, 2004; Buzai y Baxendale, 2012), y actualmente favorecido por su automatización digital dentro de los principales *softwares* de SIG.

El Estimador de Densidad Kernel es un método no paramétrico; es decir, la distribución de los datos no está sujeta *a priori* a un comportamiento que corresponda a determinados parámetros, como en el caso de una distribución normal (Silverman, 1986). Surge como método exploratorio más sofisticado y alternativo al histograma de frecuencias a partir de generar una continuidad de un conjunto de datos, dando como resultado superficies de densidades relativas desde un gradiente de valores continuos.

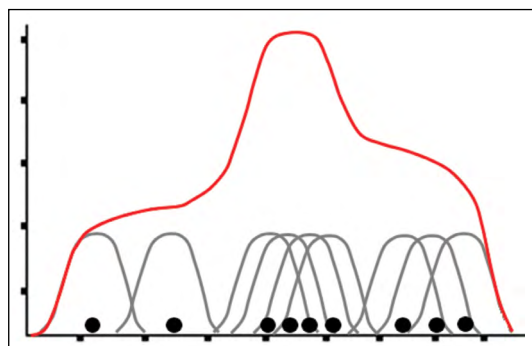
La función de densidad kernel calcula la probabilidad de que un punto dado adquiera cierto valor de densidad a partir de un conjunto de datos de referencia. Es una función simétrica desde la cual los valores de densidad van disminuyendo a la misma velocidad a medida que aumenta la distancia al punto central. De esta manera se genera una distribución de densidad acumulada a partir de la suma de las funciones kernel de cada punto de referencia. La fórmula de la función kernel es la siguiente:

$$f(x) = \frac{1}{nh} + \sum_{i=1}^n K\left(\frac{x - x_i}{h}\right)$$

donde  $n$  es el punto que se quiere estimar;  $x$  es el número de observaciones en la muestra;  $k$  es el tipo de función kernel; y  $h$  es el ancho de banda o radio de estimación.

La función del tipo de kernel va a definir la forma de las elevaciones, mientras que el ancho de banda determina el alcance o extensión de la función de cada kernel individual, donde la suma de estas genera como resultado la estimación de densidad acumulada (figura 1).

Figura 1. Estimación de Densidad Kernel



Fuente: Elaboración propia con base a Silverman (1986).

Existe una gran variedad de funciones kernel, entre las cuales podemos mencionar Cuártico, Triangular, Uniforme, Triponderada y Epanechnikov. Cada tipo de kernel va a generar resultados distintos en la distribución de densidades; no obstante, según Moreno (1991), más determinante que el tipo es el ancho de banda o amplitud del radio, el cual va a definir la varianza de la función de densidad. En este sentido, la elección de un ancho de banda pequeño tiende a concentrarse en los datos observados en forma de picos de valores. Por el contrario, un ancho de banda de gran tamaño presenta una alta homogeneidad en las densidades, lo cual disminuye la variabilidad de la distribución continua. Si bien existen métodos para la determinación de los anchos de banda, tales como elección subjetiva a partir de sucesivos ensayos, minimización de la media de los errores cuadráticos y métodos automáticos (Moreno, 1991), se considera que el óptimo es aquel que se ajusta a la densidad real.

En el siguiente apartado vamos a desarrollar la aplicación metodológica a una temática de gran interés en el contexto actual de pandemia generada por la COVID-19, en el que la geografía y su especialidad temática, la geografía de la salud, tienen mucho que aportar al análisis espacio-temporal de enfermedades. El método de densidad kernel se presenta con excelentes aptitudes como indicador de concentraciones espaciales de contagios.

## APLICACIÓN Y RESULTADOS

Desde la perspectiva del análisis de interpolación espacial, el espacio geográfico representado en una superficie discreta, con valores que se distribuyen de manera uniforme en cada unidad espacial, se modeliza para lograr una superficie continua, a partir de la creación de una matriz de información en formato de capa temática *raster*, cuyas celdas contienen información de la densidad de contagios. De esta manera, se pretende obtener la tendencia de la distribución de la densidad de puntos y su variación espacial. En este sentido, los procedimientos se orientan a la determinación de densidades continuas que representan la probabilidad de que un punto tenga cierto valor de densidad de contagios, según su posición frente a puntos conocidos o de referencia. En el caso de estudio, se cuenta con datos a nivel de municipios (unidades político-administrativas), cuyo nivel de desagregación espacial no resulta adecuado cuando se pretende un análisis al interior de cada unidad espacial, con la finalidad de verificar el comportamiento espacio-temporal de la COVID-19 como difusión de la enfermedad desde las ciudades cabeceras (aquellas que son centro de mayor concentración de contagios) de cada municipio hacia las localidades menores, que se encuentran distribuidas en el espacio funcional, manteniendo relaciones de contigüidad e interacción con unidades espaciales vecinas, y cuya influencia tiende a variar con la distancia. En este sentido, resulta pertinente aplicar la metodología de interpolación espacial con la finalidad de llegar a la modelización cartográfica que nos indica la distribución de la densidad continua de casos confirmados, cuya configuración hace referencia a la estimación de la ocurrencia de contagios en un espacio continuo de variaciones internas.

### BASE DE DATOS EN SIG

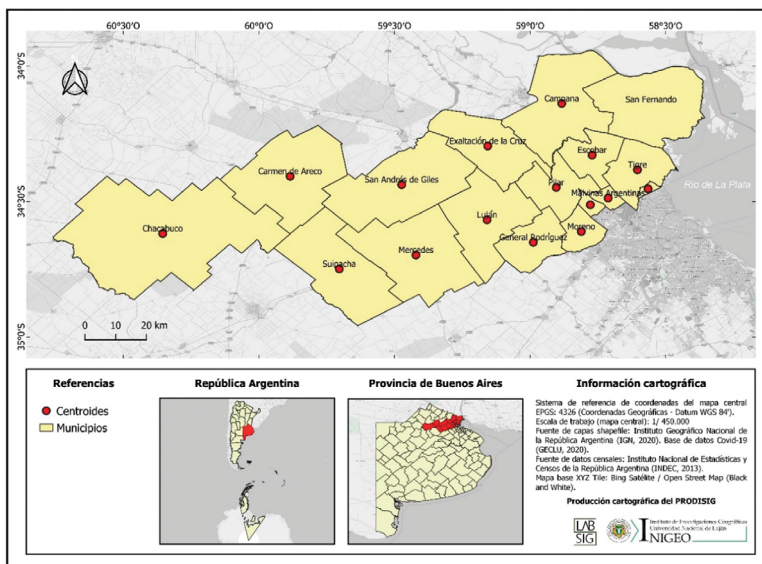
La base cartográfica digital contiene las entidades areales correspondientes a unidades político-administrativas. El área de estudio (figura 2), ubicada en el sector noreste de la provincia de Buenos Aires, está compuesta por 16 municipios: Campana, Carmen de Areco, Chacabuco, Escobar, Exaltación de la Cruz, General Rodríguez, José C. Paz, Luján, Malvinas Argentinas, Mercedes, Moreno, Pilar, San Andrés de Giles, San Fernando, Suipacha y Tigre; cuenta con una superficie de 11 552 km<sup>2</sup> y con un total

de 2 570 889 habitantes, según el Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas del año 2010 (INDEC, 2013).

La base de datos alfanumérica contiene variables relativas a la COVID-19, obtenidas del Ministerio de Salud de la Nación que pone a disposición un reporte diario de la cantidad de personas contagiadas a nivel departamental, a partir del cual se seleccionaron datos acumulados mensuales (10 registros en valores absolutos), del 30 de marzo al 28 de diciembre de 2020. Se procedió a la sistematización de los datos en una Matriz de Datos Originales (MDO) organizada en filas (unidades espaciales) y columnas (variables), como base de datos alfanumérica asociada a la base cartográfica en un ambiente geoinformático. El tratamiento matricial de la información avanza en una secuencia que permite obtener variables relativas que integran la Matriz de Datos Índice (MDI). En esta instancia se procedió al cálculo de la tasa de contagios por cada cien mil habitantes ( $TC = (\text{Total de contagios} / \text{Población}) * 100\ 000$ ).

A partir de esta base de datos en SIG, se procedió a calcular los centroides de cada unidad espacial, generando la capa temática de base para la posterior aplicación metodológica de interpolación espacial.

Figura 2. Municipios del área de estudio (Centroides)



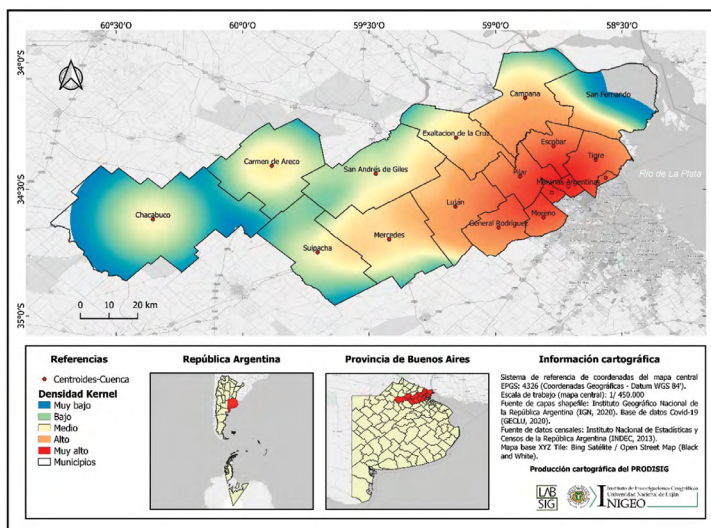
Fuente: Elaboración propia.

## MODELIZACIÓN CARTOGRÁFICA DE DENSIDADES CONTINUAS

La metodología que se presenta en este capítulo pretende abordar uno de los posibles métodos para estimar densidades continuas. El método de estimación de densidades kernel ha sido aplicado al análisis de la distribución espacio-temporal de casos confirmados de COVID-19 en los municipios de la cuenca del río Luján. Se utilizó el *software* QGIS (Versión 3.14) para el modelado cartográfico. Los parámetros del modelador requieren la precisión de la capa de entrada, el radio de influencia, el tamaño de la celda *raster*, una variable de peso o ponderación, y el tipo de método kernel. En la presente aplicación hemos seleccionado un radio de 30 kilómetros y un tamaño de celda de 50 metros. Se asignó la variable *cantidad de contagios* (diciembre) y se seleccionó el método cuártico.

El resultado cartográfico consiste en un mapa *raster*, que representa la variación espacial de la densidad de contagios asignando un color a cada intervalo de clase, el cual define la intensidad de la variable desde colores cálidos como un rojo fuerte, indicando valores muy altos, hasta colores fríos como el azul, que indica valores muy bajos. Se puede observar un agrupamiento de unidades con las mayores densidades en el sector este, que corresponde a municipios que integran la mancha urbana del aglomerado Gran Buenos Aires, tales como José C. Paz, Malvinas Argentinas, Moreno, San Fernando y Tigre. El patrón de distribución espacial presenta una forma radial o de anillos concéntricos, con una clara tendencia de disminución de los valores de densidad a medida que aumenta la distancia a los principales centros urbanos de cada municipio.

Figura 3. Densidades Kernel de la tasa de contagios de COVID-19



Fuente: Elaboración propia.

Los resultados cartográficos evidencian una marcada diferenciación espacial de la incidencia de los contagios en el interior de los municipios de la cuenca del río Luján, definiendo sectores de mayor dinamismo en la propagación espacio-temporal del virus (Humacata, 2020). Desde los primeros meses de pandemia, la difusión se inició desde ciudades de mayor tamaño poblacional, que se encuentran en el sector este y se consolidan en esa posición, a medida que avanzan los meses, como los mayores focos de contagio con valores superiores a los 4 000 casos de cada 100 mil habitantes, disminuyendo hacia el sector oeste donde se encuentra una baja incidencia en la mayoría de los municipios que cuentan con bajos niveles de aglomeración urbano-poblacional, alta dispersión de asentamientos urbanos, y cuya organización espacial presenta una fuerte vinculación al ámbito rural. No obstante, en los últimos meses han presentado un aumento significativo de casos positivos, llevándolos a ocupar las categorías media-alta para diciembre, con valores en la tasa de contagios que se encuentran entre 2 000 a 3 000 casos, tales como Carmen de Areco, Chacabuco, San Andrés de Giles y Suipacha.

## CONSIDERACIONES FINALES

La Geografía Cuantitativa, como ciencia espacial, y la metodología del análisis espacial cuantitativo basada en el uso de SIG y técnicas geoestadísticas, han logrado realizar interesantes aportes relativos al análisis y modelización espacio-temporal del comportamiento de la COVID-19. En este capítulo nos hemos centrado en la aplicación metodológica del Estimador de Densidad Kernel, como método de interpolación espacial orientado a la modelización cartográfica de la densidad de contagios de COVID-19 en los municipios de la cuenca del río Luján.

Los resultados obtenidos indican una fuerte tendencia de concentración espacial de contagios en las áreas urbanas de mayor densidad poblacional, correspondientes a las cabeceras municipales que forman parte del Aglomerado Gran Buenos Aires, disminuyendo a medida que aumenta la distancia a estos centros urbanos. De esta manera, se presenta una configuración espacial diferenciada a partir de la posición relativa de cada centro urbano como principal difusor de los contagios que condiciona la propagación del virus a las localidades menores que se encuentran en el interior de cada municipio. En este sentido, el análisis espacial realizado pretende generar una herramienta de base espacial para distintas posibilidades de aplicación en el ámbito del ordenamiento territorial.

## REFERENCIAS

- Bosque Sendra, J. y R. García (2001). Métodos de interpolación para la elaboración de un modelo digital de elevaciones. *Estudios geográficos*. 245, pp. 605-620.
- Buzai, G.D. (2020a). De Wuhan a Luján. Evolución espacial del COVID-19. *Revista Posición. Dossier: análisis geográfico del COVID-19*. Instituto de Investigaciones Geográficas. Universidad Nacional de Luján. N° 3. Luján.
- Buzai, G. y Baxendale, C. (2013). Aportes del análisis geográfico con Sistemas de Información Geográfica como herramienta teórica, metodológica y tecnológica para la práctica del ordenamiento territorial. *Persona y Sociedad*. 27, pp. 113-141.
- Buzai, G. (2010). *Geografía y Sistemas de Información Geográfica. Aspectos conceptuales y aplicaciones*. Buenos Aires: Universidad Nacional de Luján.
- Buzai, G. y Baxendale, C. (2012). *Análisis socioespacial con Sistemas de Información Geográfica. Ordenamiento territorial/Temáticas de base vectorial* Tomo 2. Buenos Aires: Lugar Editorial
- Buzai, G., et al. (2016). *Sistemas de Información Geográfica. Cartografía temática y análisis espacial*. Buenos Aires: Lugar Editorial
- Brunsdon, Ch. (1995). Estimating probability furces for geographical point data: and adaptive kernel algorithm. *Computers and geosciences*. 21 (7), pp. 874-894.
- De Cos, O. (2004). Valoración del método de densidades focales (Kernel) para la identificación de los patrones espaciales de crecimiento de la población en España. *GeoFocus*. 4 (Artículos), pp. 136-165.
- Escolano, S. (2002). Densidad de población y sustentabilidad en la ciudad de Zaragoza. En L. Longares y J. Peña (coords.), *Aportaciones geográficas en memoria del profesor L. Miguel Yetano Ruiz*. Universidad de Zaragoza, pp. 173-182.
- Haggett, P. (1975). *Análisis locacional en Geografía Humana*. España: Gustavo Gili.
- Humacata, L. (2020). Análisis espacial del COVID-19 en los partidos de la cuenca del río Luján (Provincia de Buenos Aires, Argentina), durante los meses de marzo a agosto de 2020. *Revista Cardinalis*, 8 (15), pp. 121-136. Disponible en: <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/cardi/article/view/31763/32727> [Consultado el 12 de marzo de 2021]
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC) (2013). Censo Nacional de Población, Hogares y Vivienda 2010. [Base de datos Redatam]. Instituto Nacional de Estadística y Censos de la República Argentina.
- Méndez, M. y Calvo, L. (2015). *Evaluación de diversos modelos de interpolación espacial para la estimación de la precipitación promedio en la cuenca alta de río Toro*. Costa Rica: PROHIMET.

- Ministerio de Salud de la República Argentina (2020). Reporte Diario COVID-19. Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/Coronavirus/informe-diario> [Consultado el 20 de diciembre de 2020]
- Moreno, A. (1991). Modelización cartográfica de densidades mediante estimadores Kernel. *Treballs de la Societat Catalana de Geografia*. 30, pp. 155-170.
- Parras, A. (2015). Modelización de la red de transporte público a partir de isócronas. En G. Buzai, et al. (coords). *Teoría y métodos de la Geografía Cuantitativa. Tomo 1. Por una Geografía de lo real*. Mercedes. Buenos Aires: MCA Libros.
- Pezzuchi, G. (2003). *Análisis espacial del delito. Análisis exploratorio de enfrentamientos policiales, años 1999-2001 en el Conurbano Bonaerense-Argentina*. [Maestría]. Ecuador: Universidad San Francisco de Quito.
- Pumain, D. y Saint Julien, T. (2014). *Análisis espacial. Las interacciones*. Santiago. De Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Ramírez, L. (2020). Evolución, distribución y difusión del COVID-19 en Argentina: primer mes (03/03/2020 - 02/04/2020). *Revista Posición*. 3:1-12.
- Rodríguez, H. (2014). *Aplicación de métodos de interpolación espacial y modelamiento geoestadístico en la evaluación de la calidad del aire en Bogotá*. Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada.
- Romero, A. y Montes, E. (2009). Evaluación espacio-temporal de la sedimentación en el embalse Burro Negro, estado Zulia/Venezuela mediante el uso combinado de SIG-Ecosonda-DGPS. *GeoFocus*. 9 (Artículos), pp. 209-231.
- Santos, J. y García, F. (2003). El método dasimétrico-picnofiláctico: un procedimiento para la desagregación de datos censales. [IX Conferencia Iberoamericana de SIG]. Universidad de Extremadura.
- Silverman, B. (1986). *Density Estimation for Statistics and Data Analysis*. Londres: Chapman & Hall.
- Tobler, W. (1970). A Computer Movie simulating urban growth in the Detroit Region. *Economic Geography*. 46:234-240.
- Turner, A. (2006). *Introduction to neogeography*. California: O'Reilly Media.
- Unwin, (1996). GIS, spatial analysis and spatial statistics. *Progress in Human Geography*, 20 (4), pp. 540-551.
- Wartzt, W. (1975). La nueva geografía como teoría de sistemas espaciales: ¿cuenta mucho la vieja "física social"? En R. Chorley (edit.) *Nuevas tendencias en geografía*. Madrid: IEAL, pp. 137-187.

# EXPLORACIÓN



# ANÁLISIS EXPLORATORIO DE DATOS ESPACIALES VINCULADOS A LA COVID-19 EN LOS PARTIDOS DE LA CUENCA DEL RÍO LUJÁN

*Noelia Principi\**

## RESUMEN

El capítulo presenta herramientas del Análisis Exploratorio de Datos Espaciales (AEDE) que permiten describir y visualizar distribuciones y comportamientos espaciales de variables vinculadas a la expansión territorial de la COVID-19 en los partidos de la cuenca del río Luján, de marzo a diciembre de 2020. A partir de la interacción entre bases de datos alfanuméricas, gráficas y cartografía digital, el AEDE permite generar conocimientos estructurales del área de estudio, como una primera aproximación para conocer la dimensión espacial del fenómeno estudiado con el objetivo de brindar información de base para la toma de decisiones espaciales.

Palabras clave: AEDE, COVID-19, Partidos de la cuenca del río Luján, dimensión espacial.

## ABSTRACT

The chapter presents tools of the Exploratory Spatial Data Analysis (ESDA) that allow describing and visualizing spatial distributions and behaviors of variables linked to the territorial expansion of COVID-19 in the municipalities of the Luján river basin, from March to December 2020. From the interaction between alphanumeric databases, graphics and digital cartography, the ESDA allows the generation of structural knowledge of the study area, as a first approximation to know the spatial dimension of the studied phenomenon with the aim of providing basic information for taking of spatial decisions.

---

\* [nprincipi@unlu.edu.ar](mailto:nprincipi@unlu.edu.ar) Universidad Nacional de Luján, Instituto de Investigaciones Geográficas. Argentina.

Keywords: ESDA, COVID-19, municipalities of the Luján river basin, spatial dimension.

## INTRODUCCIÓN

Según datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2021), el 31 de diciembre de 2019 la Comisión Municipal de Salud de Wuhan (China) notificó sobre casos de un tipo de neumonía desconocido en la ciudad. Luego, se determinó que son causados por un nuevo coronavirus, de la familia del Síndrome Respiratorio Agudo grave (SARS) y del Síndrome Respiratorio de Medio Oriente (MERS), denominado *Coronavirus Disease 2019* (COVID-19). La propagación del virus es muy rápida, el 13 de enero de 2020 se confirma el primer caso fuera de China, en Tailandia. Para el 30 de enero ya existían 7 818 casos confirmados, la mayoría en China, pero también en otros 18 países. Finalmente, el 11 de marzo, día en que se detecta el primer caso positivo en la ciudad de Luján (Argentina), la OMS declaró que se trataba de una pandemia (Buzai, 2020).

Desde entonces, el interés por conocer diversos aspectos de la COVID-19 fue en aumento, tanto de la sociedad en general como de la comunidad científica en particular. En este contexto, donde la dimensión espacial ocupa un lugar central de análisis, la Geografía aparece como una ciencia con relevancia destacada para estudiar la expansión territorial del nuevo virus. Principalmente, desde el enfoque de la Geografía Aplicada con énfasis en el análisis espacial cuantitativo, que busca generar conocimientos útiles y de apoyo para la resolución de problemáticas socioespaciales concretas, mediante el uso de Tecnologías de la Información Geográfica (TIG), así como los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y los Sistemas de Ayuda a las Decisiones Espaciales (SADE).

Desde esta perspectiva, el capítulo presenta diferentes técnicas de Análisis Exploratorio de Datos Espaciales (AEDE) que brindan una primera aproximación sobre las distribuciones y comportamientos espaciales de variables vinculadas a la expansión territorial de la COVID-19 en los partidos de la cuenca del río Luján (Argentina). Se utiliza un SADE de acceso libre, GeoDa, para aplicar técnicas de análisis univariado, bivariado y trivariado a partir de una base de datos geográfica con variables relativas a la COVID-19 desde marzo a diciembre de 2020, provenientes del Ministerio de

Salud de la Nación, que fue sistematizada y puesta a disposición por el Grupo de Estudios de la Cuenca del Río Luján de la Universidad Nacional de Luján, dirigido por el Mg. Luis Humacata (2020).

## ANÁLISIS EXPLORATORIO DE DATOS ESPACIALES

Según Anselin (1999), el Análisis Exploratorio de Datos Espaciales (AEDE, o ESDA por sus siglas en inglés, *Exploratory Spatial Data Analysis*) puede definirse como el conjunto de técnicas que describen y visualizan distribuciones espaciales, identifican localizaciones atípicas o “atípicos espaciales” (*spatial outliers*), descubren esquemas de asociación espacial, agrupamientos (*clusters*) o sitios “calientes” (*hot spots*) y sugieren estructuras espaciales u otras formas de heterogeneidad espacial. El propósito es generar conocimientos estructurales a partir de la interacción entre bases de datos alfanuméricas, gráficas y cartografía digital, con la finalidad de definir el comportamiento de las variables bajo estudio.

El AEDE presenta un enfoque más descriptivo que confirmatorio, aunque la detección de estructuras espaciales hace posible la formulación de hipótesis previas a una modelización y, consecuentemente, una posible predicción espacial (Chasco, 2003). Además, permite descubrir errores en los datos, determinar valores atípicos o anómalos y comprobar supuestos necesarios para la aplicación de muchos test estadísticos (Buzai y Baxendale, 2012).

Las técnicas dentro del AEDE son múltiples, es posible realizar una aproximación al área de estudio conociendo el comportamiento de variables individuales a partir del análisis univariado, como también las relaciones entre dos, tres o más variables a través del análisis bivariado, trivariado y multivariado, respectivamente. En el caso de los datos vinculados a la expansión territorial de la COVID-19, resulta interesante realizar análisis exploratorios que generen y brinden información geoespacial de base con el objetivo de comenzar a identificar comportamientos estructurales que podrían ser de ayuda para quienes se encuentran en ámbitos de gestión político-territorial.

## *Análisis univariado*

El análisis espacial univariado se realiza a partir del estudio de una sola variable. Cuando se trabaja con grandes volúmenes de información o cuando no se conoce en profundidad el área y las variables bajo estudio, es importante realizar el análisis individual para ver el comportamiento espacial de cada variable, pero además porque es posible identificar la existencia de datos atípicos y corroborar si se trata de un error o no, en los datos. En este capítulo se presentan el histograma de frecuencia, el *box-plot* y el *box-map*.

La representación del histograma de frecuencia es una de las técnicas de análisis univariadas más utilizadas. Sirve para conocer la distribución de los valores que toma la variable considerada y poder determinar situaciones de regularidad o irregularidad en los datos. El histograma se compone de barras gráficas, en las que la altura de cada una corresponde a la frecuencia de los valores representados, es decir, el número de veces que aparece cada valor. En el eje horizontal están representados los valores de la variable dividida en intervalos. En el eje de vertical se expresan las frecuencias absolutas de cada intervalo. El programa GeoDa permite la vinculación entre el histograma y la cartografía, siendo posible la selección geográfica de las unidades situadas en las barras o intervalos del histograma.

El *box-plot* o diagrama de caja y bigotes toma a la mediana como valor central y desde allí se definen los intervalos de clase en los que se dividirá el conjunto de unidades espaciales. El cálculo de los límites inferior y superior se obtiene restando y sumando respectivamente, a la mediana el producto de los valores del primer y tercer cuartil. Como resultado asociado se puede obtener la representación cartográfica a través del *box-map* o mapa de cuartiles, donde, de acuerdo con las características del *box-plot*, se resaltan los valores extremos, tanto superiores como inferiores, generando para esto dos categorías adicionales. De esta forma, quedan definidos seis intervalos de clase: el 1° y 2° intervalo contiene 25% de las unidades espaciales con valores muy bajos (1° intervalo: valor extremo bajo-, 2° intervalo: <25%), el 3°, 25% con valores bajos (25% - 50%), el 4°, 25% con valores altos (50% - 75%), y finalmente el 5° y 6° con 25% de valores muy altos (5° intervalo: >75%; 6° intervalo: valor extremo alto), Humacata (2010).

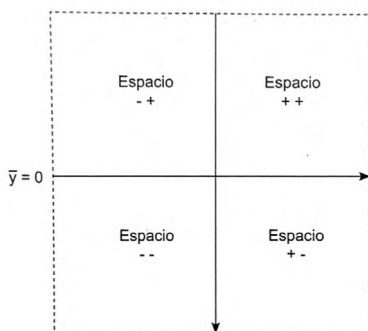
### Análisis bivariado

El análisis bivariado permite evaluar la asociación espacial de dos variables, y se hace operativo a través del gráfico de dispersión (*scatter diagram*) en el que cada variable queda representada por un eje ortogonal ( $90^\circ$ ) y cada unidad espacial aparece como un punto de localización  $x$ - $y$ , con base en sus valores de coordenadas en cada eje (Buzai y Baxendale, 2012).

Los valores de las variables en el diagrama se representan en puntajes  $z$  y los ejes se ubican en valor 0 con centralidad en el promedio en ambas variables. De este modo, según explicitan Buzai y Baxendale (2012), se definen cuatro espacios como cuadrantes (figura 1): el inferior izquierdo ( $--$ ) que representa las unidades espaciales con valores bajos en ambas variables; el superior izquierdo con bajos valores en  $x$  y altos en  $y$  ( $-+$ ); el superior derecho con valores altos en ambas variables ( $++$ ); y el inferior derecho con valores altos en  $x$  y bajos en  $y$  ( $+-$ ). A partir de ellos puede verse la dispersión de puntos a la recta de regresión como representación gráfica del coeficiente de correlación.

Cuando se analiza el sentido de la relación entre ambas variables se calcula la recta de regresión tomando la nube de puntos formada por todas las unidades espaciales en el sistema de coordenadas. Si la recta va desde el espacio  $--$  al espacio  $++$  se dice que existe una relación positiva, y cuando se dirige desde el espacio  $-+$  al espacio  $+-$  la relación es negativa. Cuando la nube de puntos adquiere una forma redondeada, donde se hace imposible determinar un sentido, no existe correlación (Buzai y Baxendale, 2012).

Figura 1. Espacio de relaciones bivariadas



Fuente: Buzai y Baxendale, 2012: 81.

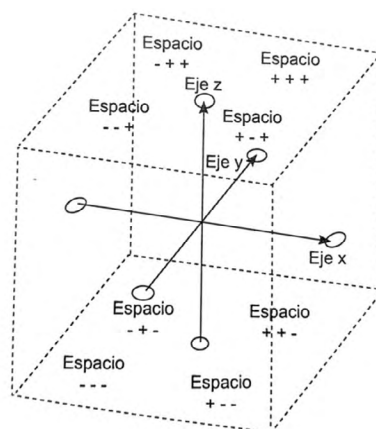
### *Análisis trivariado*

El análisis trivariado permite la incorporación de una variable adicional (tercera dimensión), ampliando las posibilidades de análisis al incluir una tercera variable. Se realiza un gráfico 3D con forma de cubo donde es posible identificar ocho combinaciones de correspondencia espacial donde se muestran especificidades temáticas en la relación trivariada, y es posible observar la distribución de las unidades espaciales mediante la vinculación interactiva entre el gráfico y la cartografía resultante (Buzai y Baxendale, 2012).

En el espacio de relaciones trivariadas (figura 2) los ejes de coordenadas se pueden ubicar uniendo los centros de cada plano, y de esta forma quedan definidos los ocho cuadrantes como cubos menores. Las combinaciones de las tres variables en  $x$ - $y$ - $z$  pueden ser: bajo-bajo-bajo, bajo-bajo-alto, bajo-alto-bajo, bajo-alto-alto, alto-alto-bajo, alto-bajo-bajo, alto-bajo-alto (Buzai y Baxendale, 2012).

Esta técnica del AEDE es utilizada para realizar clasificaciones espaciales ya que permite generar una diferenciación del espacio geográfico con base en el análisis de la correspondencia espacial que adquieren las tres variables bajo estudio. Teniendo en cuenta los aspectos temáticos se llega a establecer espacios con características homogéneas, dependiendo de la función de cada variable y es posible el descubrimiento de comportamientos estructurales en el área de estudio (Humacata, 2010).

Figura 2. Espacio de relaciones trivariadas

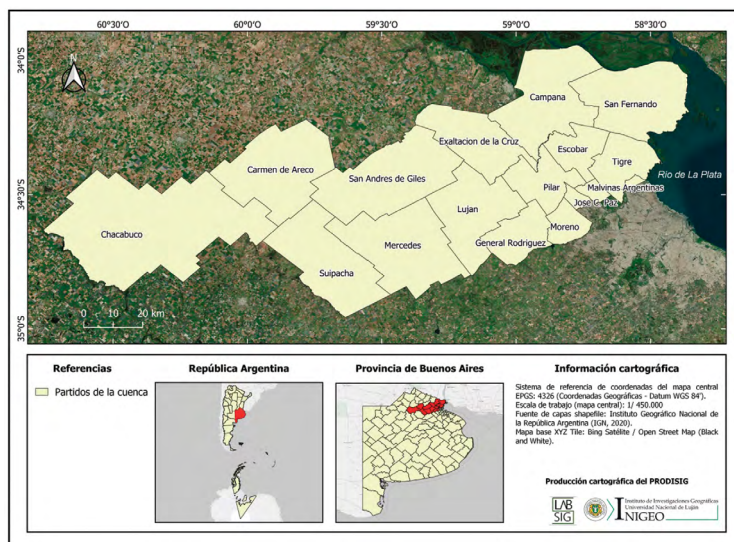


Fuente: Buzai y Baxendale, 2012: 81.

## APLICACIÓN A LOS PARTIDOS DE LA CUENCA DEL RÍO LUJÁN

El área de estudio corresponde a los 16 partidos que forman parte de la cuenca hidrográfica del río Luján en la provincia de Buenos Aires (figura 3).

Figura 3. Partidos de la cuenca del río Luján



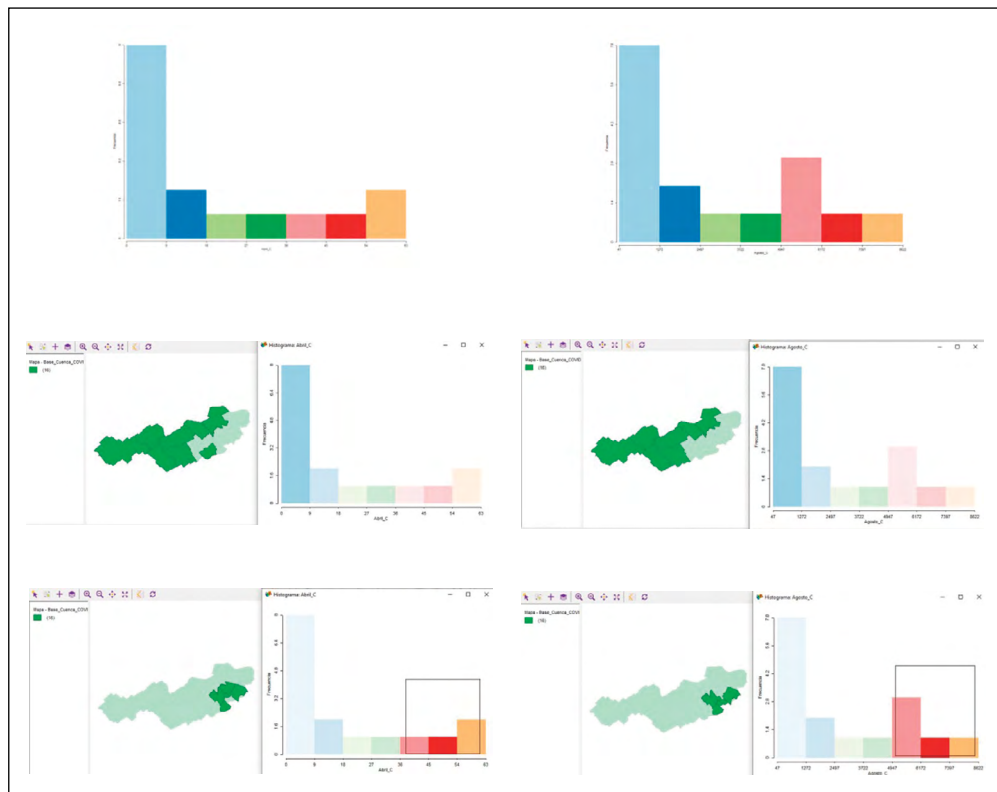
Fuente: Elaboración propia, 2021.

Para la aplicación de las técnicas de AEDE se utilizaron datos de contagios de Covid-19 mensuales (desde marzo a diciembre de 2020), contagios acumulados, contagios por cada 10 000 habitantes y muertes cada 10 000 habitantes en el período considerado, datos de porcentaje de hogares con al menos un indicador de Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI), y hogares con hacinamiento crítico. Se considera el valor relativo cada 10 000 habitantes tomando en cuenta que el partido menos poblado, Suipacha, tiene 10 801 habitantes, según datos del último Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas de la República Argentina. Mientras que, en el partido más poblado, Moreno, residen 452 505 personas (INDEC, 2013).

### *Histogramas de frecuencia*

Se realizaron histogramas de frecuencia para observar el comportamiento de la variable de casos confirmados de COVID-19 en los partidos de la cuenca del río Luján en dos meses, abril y agosto (figura 4). Se seleccionó en el histograma la primera barra, con valores bajos, pero con los valores de frecuencia más altos, en la representación cartográfica se observa un conjunto de partidos (7 y 8, respectivamente) que presentan pocos casos confirmados, en correspondencia con el sector de la cuenca que presenta la densidad poblacional más baja. La tendencia se mantiene en el periodo considerado. Las unidades espaciales que presentan los valores de casos positivos confirmados más altos, con frecuencia media se localizan en el sector sureste de la cuenca, correspondiendo a partidos que forman parte del Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA), el mayor aglomerado del país con valores de densidad de población elevados. Este análisis nos muestra un comportamiento sistemático de los casos.

Figura 4. Histogramas de frecuencia y representación cartográfica asociada



Fuente: Elaboración propia, 2021.

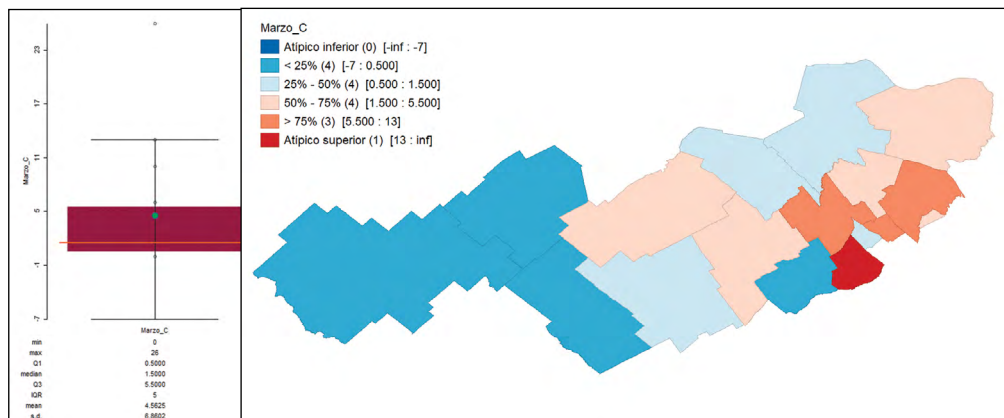
### Box-plot y box-map

En el entorno del análisis univariado se realizaron *box-plots* y *box-maps* para evaluar los datos mensuales de casos positivos y muertes por COVID-19 en los partidos de la cuenca para detectar si existieron casos extremos bajos y/o altos. En el único mes que se detectó un caso atípico alto fue en la variable de casos confirmados en marzo, cuando inició la propagación de la COVID-19 en el área de estudio. En ese mes, el partido de Moreno presentó 26 casos positivos, alejándose significativamente del valor medio de casos en el área de estudio que era de 4,56, donde aún existían partidos

que no presentaban ningún caso confirmado. La situación de este partido fue noticia a nivel nacional, ya que, del total de 26 casos, 20 estuvieron vinculados a contagios en una fiesta de cumpleaños, ocasionado por un joven que había vuelto de un viaje a Estados Unidos, contagiado de COVID-19, y concurrió a la fiesta de 15 años de su prima sin respetar el aislamiento preventivo que ya había solicitado públicamente el gobierno argentino para quienes volvían del exterior (Soriano, 2020). En marzo, Moreno ocupó el primer puesto en cantidad de casos confirmados de toda la provincia de Buenos Aires.

En la interacción entre el diagrama y el mapa es posible observar la distribución de las unidades espaciales en los diferentes intervalos (figura 5). En el 2° intervalo, que representa 25% de las unidades espaciales con valores muy bajos, se resaltan los partidos del oeste del área de estudio, correspondientes a la cuenca alta, donde hay predominancia de áreas rurales. En los siguientes dos intervalos, se representan las unidades espaciales con los niveles medios de contagios, mientras que en el 5° y 6° intervalo se observa 25% de los partidos que presentan valores muy altos de casos confirmados, resaltando el caso de Moreno que duplica el número de contagios del partido que le sigue, Pilar, con 13 casos. Luego de este brote inicial en el partido de Moreno, los siguientes meses no se detectaron valores atípicos y se observa que la mayor cantidad de casos positivos se encuentran en los partidos del este del área de estudio, principalmente en los que pertenecen al AMBA.

Figura 5. *Box-plot* (a) y *box-map* (b). Variable: Casos confirmados en marzo de 2020



Fuente: Elaboración propia, 2021.

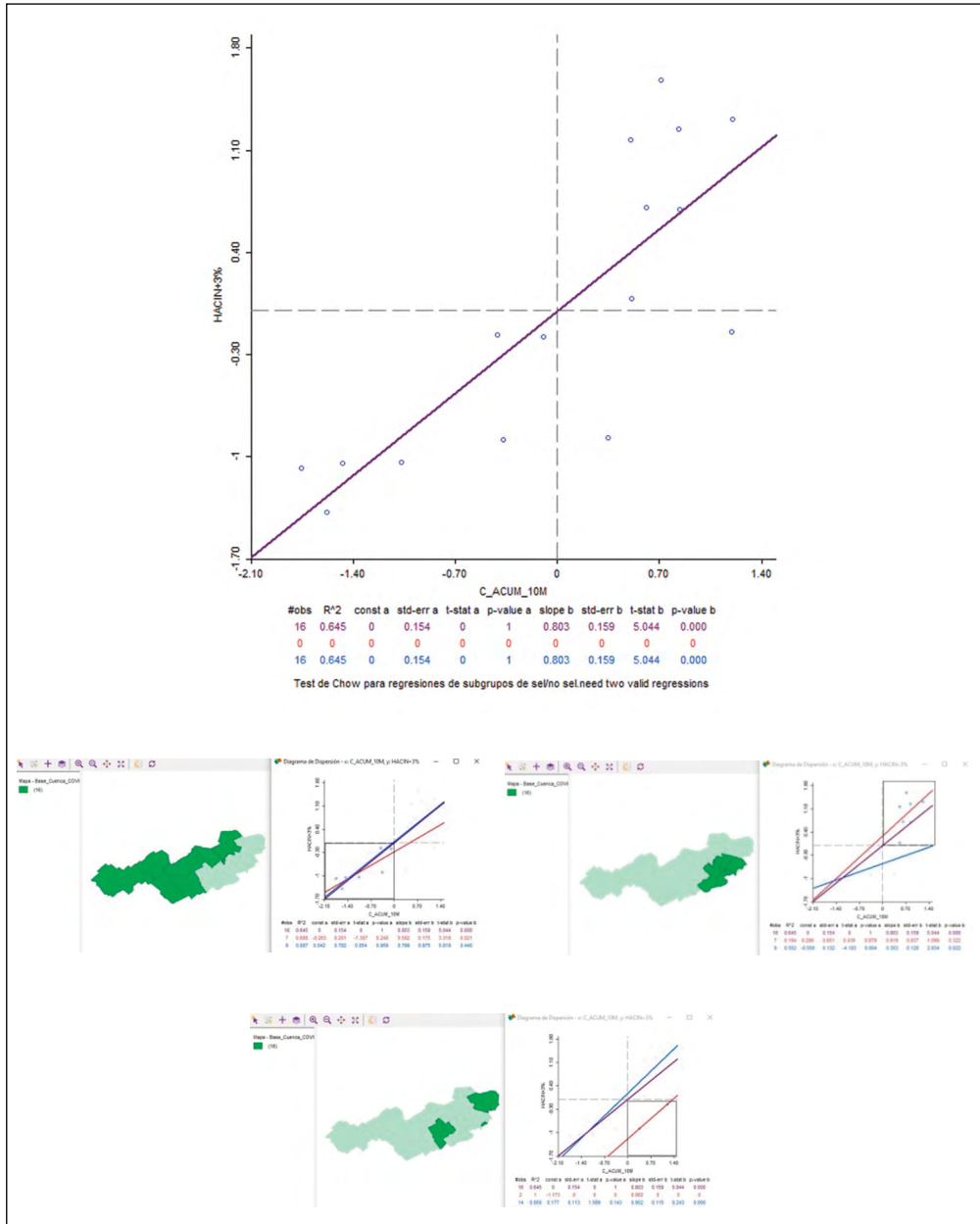
### *Diagrama de dispersión*

En el marco del análisis bivariado, se presenta el resultado del diagrama de dispersión donde se realiza el análisis de asociación espacial entre la variable de casos confirmados acumulados de COVID-19 por cada 10 000 habitantes (marzo a diciembre de 2020) y la variable de porcentaje de hogares con hacinamiento crítico, que contempla aquellos hogares que presentan más de tres personas por cuarto.

El resultado del diagrama de dispersión arrojó un coeficiente de correlación  $r$  de Pearson de 0,80. El valor indica una relación positiva entre ambos, y el número indica la intensidad significativa de esta relación. El  $r^2$  dio un valor de 0,64 lo que indica una relación de causalidad entre las variables. Esto indica que cuando el porcentaje de hogares con hacinamiento crítico es más alto, también lo es el valor de casos confirmados acumulados de COVID-19. Estamos vinculando una variable de tipo estructural, como la de hacinamiento, con una variable coyuntural al igual que los contagios de COVID-19, en consecuencia, los resultados muestran que existe una fuerte correlación y asociación espacial. En este sentido, es importante considerar que las situaciones estructurales de hacinamiento, vinculadas con los hogares que presentan necesidades básicas insatisfechas, pueden ser abordadas por políticas públicas que tengan el objetivo de mejorar la calidad de vida de la población. De esta forma, siguiendo los resultados del análisis bivariado, podría inferir que si el porcentaje de hogares con hacinamiento fuera más bajo, también lo serían los casos acumulados de contagios.

La interacción entre el diagrama y el mapa en GeoDa (figura 6) nos permite observar las diferentes situaciones por cuadrantes. Los cuadrantes opuestos (++) y (--) nos permiten dividir al área de estudio en dos grandes grupos: aquellos partidos que presentan valores bajos en ambas variables, localizados en el oeste del área de estudio; y aquellos partidos con altos valores en las dos variables consideradas que se encuentran en el sur-este del área. Esto permite corroborar la tendencia que ya se fue observando en el análisis univariado. El cuadrante +- no presenta ninguna unidad espacial asociado, mientras que el cuadrante ++, que indica altos valores de casos confirmados acumulados y bajos valores de porcentaje de hogares con hacinamiento crítico, tiene asociados dos unidades espaciales que corresponden al partido de Luján y al partido de San Fernando (incluyendo su superficie insular en el extremo oeste del área de estudio).

Figura 6. Diagrama de dispersión y cuadrantes asociados espacialmente



Fuente: Elaboración propia, 2021.

### *Diagrama de dispersión 3D*

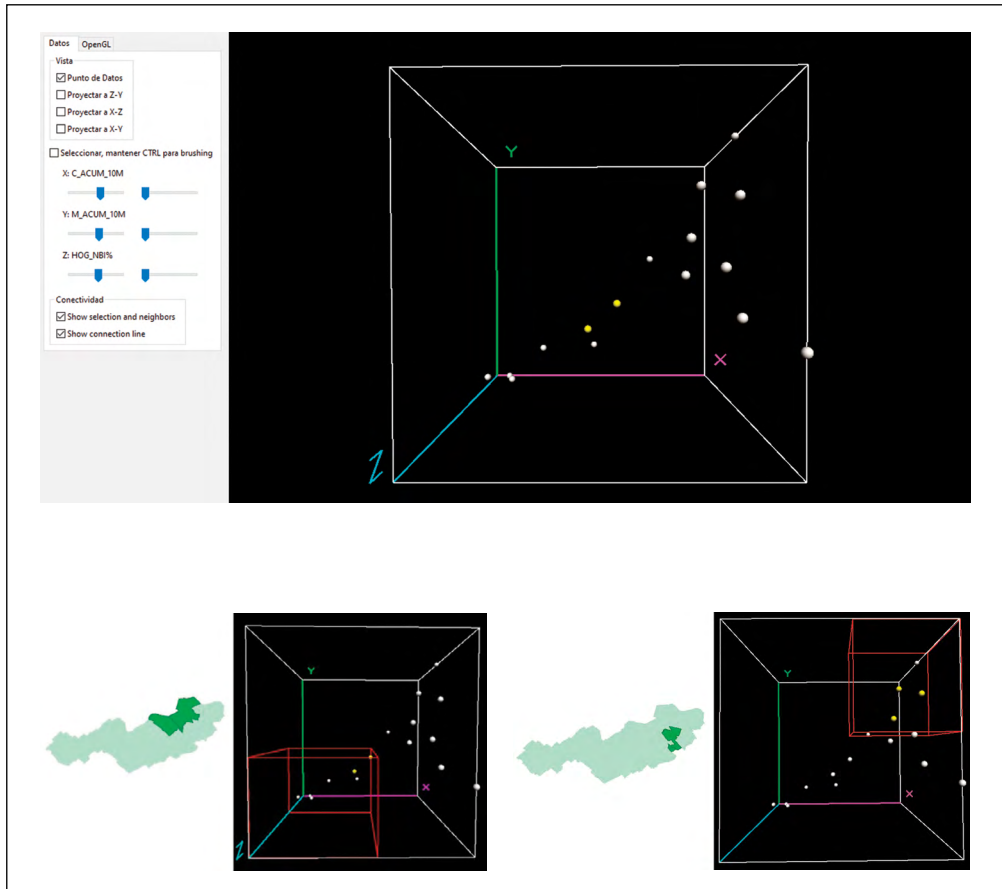
En el marco del análisis trivariado se realizó el diagrama de dispersión 3D a partir de las variables de contagios y muertes acumuladas cada 10 000 habitantes y porcentaje de hogares con NBI. Se realizó la selección de los valores más altos y bajos en las variables, considerando el cuadrante  $x$ -mayor,  $y$ -mayor,  $z$ -mayor y el cuadrante  $x$ -menor,  $y$ -menor,  $z$ -menor, respectivamente (figura 7).

La representación espacial nos muestra que las unidades espaciales que se asocian a valores altos en las tres variables corresponden a Escobar, Malvinas Argentina y José C. Paz, los tres partidos forman parte del AMBA. En el caso del cuadrante que representa los valores bajos en las variables, al realizar la vinculación del diagrama con el mapa se observa que corresponde con los partidos de Exaltación de la Cruz y Campana en el sector noreste del área de estudio.

La incorporación de una tercera variable nos muestra una diferencia respecto a los resultados anteriores, ya que al realizar este análisis multivariante los valores más bajos no aparecen en los partidos del oeste, pertenecientes a la cuenca alta, sino que se distribuyen en otros dos partidos del área de estudio en donde estas tres variables (consideradas de costo por representar situaciones desfavorables) se comportan de forma similar.

A partir del análisis trivariado es posible realizar asociaciones espaciales de mayor complejidad ya que permite detectar comportamientos importantes para realizar una aproximación al área de estudio. Las correspondencias espaciales entre estas variables indican en gran medida para los valores altos, condiciones desfavorables, sin embargo, para los valores bajos resultan beneficiosas, al analizar integralmente las variables de contagios y muertes por COVID-19 junto a la variable estructural de porcentaje de hogares con NBI.

Figura 7. Diagrama de dispersión 3D y cuadrantes asociados espacialmente



Fuente: Elaboración propia, 2021.

## CONSIDERACIONES FINALES

En este capítulo se presentaron algunas técnicas del AEDE que permitieron caracterizar el comportamiento de variables vinculadas a la expansión de la COVID-19 junto a variables socio-habitacionales en los partidos de la cuenca del río Luján. A partir del análisis univariado, bivariado y trivariado fue posible identificar y analizar la estructura de la distribución y asociación espacial entre las variables consideradas.

Se detectaron comportamientos similares en los partidos que forman parte del AMBA (al este del área de estudio), donde los valores de casos confirmados y muertes por COVID-19 por cada 10 000 habitantes resultaron más altos y, a su vez, se asociaron espacialmente a características socio-habitacionales desfavorables, como hogares con NBI o con hacinamiento crítico. Por su parte, los partidos de la cuenca alta (oeste del área de estudio) aparecen como las áreas donde el nivel de contagios y cantidad de muertes es más bajo y con condiciones socio-habitacionales que muestran mayor favorabilidad. Además, se identifican los partidos de Exaltación de la Cruz y Campana en el noreste del área de estudio como unidades espaciales con condiciones más favorables al considerar tres variables (casos confirmados y muertes acumuladas por COVID-19 y porcentaje de hogares con NBI). En el análisis univariado se destacó la existencia de un valor atípico para la variable de casos confirmados de COVID-19 en marzo, que correspondió al partido de Moreno y que fue posible asociar con un brote de contagios surgido en una fiesta de 15 años.

Como se pudo ver, el AEDE a partir de los gráficos interactivos genera interesantes posibilidades de interacción y exploración de datos espaciales, necesarios para verificar el comportamiento estructural de las variables y, de esta forma, conocer características específicas del área de estudio, siendo la base para la aplicación de procedimientos estadísticos más complejos en el entorno del análisis multivariado. De esta forma, se constituye como una herramienta de análisis y de generación de información de base importante en apoyo a las decisiones espaciales.

#### AGRADECIMIENTO

Al Mg. Luis Humacata por la sistematización de la base de datos realizada en el marco de los proyectos de investigación del grupo de estudios de la cuenca del río Luján.

## REFERENCIAS

- Anselin, L. (1999). Interactive techniques and exploratory spatial data analysis. En P. Longley, *et al.* (eds.), *Geographical Information Systems: Principles, Techniques, Management and Applications* Cambridge: Geoinformation Int. Disponible en: [http://www.geos.ed.ac.uk/~gisteac/gis\\_book\\_abridged/files/ch17.pdf](http://www.geos.ed.ac.uk/~gisteac/gis_book_abridged/files/ch17.pdf) [Consultado el 6 de abril de 2021].
- Buzai, G. (2015). *Análisis espacial en Geografía de la Salud*. Buenos Aires: Lugar Editorial.
- Buzai, G. (2020). Dossier: Análisis geográfico del COVID-19. De Wuhan a Luján. Evolución espacial del COVID-19. *Revista Posición*. 3, pp. 1-21.
- Buzai, G. y Baxendale, C. (2012). *Análisis Socioespacial con Sistemas de Información Geográfica. Ordenamiento territorial. Temáticas de base vectorial*. (Tomo 2), Buenos Aires: Lugar Editorial
- Chasco, C. (2003). *Métodos gráficos del análisis exploratorio de datos espaciales*. España: Instituto L. R. y Universidad Autónoma de Madrid.
- Humacata, L. (2020). Análisis espacial del COVID-19 en los partidos de la cuenca del río Luján (Provincia de Buenos Aires, Argentina), durante los meses de marzo a agosto de 2020. *Cardinalis*, 8 (15): 121-136.
- Humacata, L. (2010). Análisis exploratorio de datos espaciales mediante gráficos interactivos: aproximación univariada y bivariada aplicada a la Provincia de Buenos Aires. *Geografía y Sistemas de Información Geográfica*, 2 (2), pp. 135-163.
- INDEC (2013). *Censo Nacional de Población, Hogares y Vivienda 2010*. [Base de datos Redatam]. Buenos Aires: Autor.
- OMS (2021). Cronología de la respuesta de la OMS a la COVID-19. [Comunicado de prensa]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news/item/29-06-2020-covidtimeline> [Consultado el 2 de agosto de 2021].
- Soriano, F. (1° de abril de 2020). La dramática propagación del coronavirus en Moreno: una fiesta de 15 detonó los casos en el conurbano. *Infobae*. Disponible en: <https://www.infobae.com/sociedad/2020/04/01/la-dramatica-propagacion-del-coronavirus-en-moreno-una-fiesta-de-15-detono-los-casos-en-el-conurbano/> [Consultado el 5 de abril de 2020].

# TENDENCIAS



# ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN ESPACIAL DE COVID-19 EN LA CUENCA DEL RÍO LUJÁN A PARTIR DE CÁLCULOS DE TENDENCIA CENTRAL Y DISPERSIÓN. AÑO 2020

*Sonia L. Lanzelotti\**

## RESUMEN

Este capítulo tiene como objetivo analizar la evolución espacial de COVID-19 en los partidos de la cuenca del río Luján utilizando métodos centrográficos. Se exponen los fundamentos de los cálculos de centralidad y dispersión (centro medio simple, centro medio ponderado, elipse de dispersión) y se detallan los pasos para su resolución con Sistemas de Información Geográfica. Se aplica el método para obtener la tendencia central y dispersión de los contagios mensuales reportados para los 16 partidos que conforman esta cuenca de marzo a diciembre de 2020. Se observa que de marzo a septiembre los casos confirmados se concentran en los partidos del sector este de la cuenca, en tanto que de octubre a diciembre los casos se concentran mayormente en los partidos del sector oeste.

Palabras clave: Evolución espacial, método centrográfico, tendencia central y dispersión.

## ABSTRACT

This chapter aims to analyze the spatial evolution of COVID-19 in the districts of the Luján river basin using centographic methods. The fundamentals of the centrality and dispersion calculations (simple mean center, weighted mean center, dispersion ellipse) are exposed and the steps for their resolution with Geographic Information

---

\* [sonia.lanzelotti@conicet.gov.ar](mailto:sonia.lanzelotti@conicet.gov.ar) Universidad Nacional de Luján. Instituto de Investigaciones Geográficas Argentina.

Systems are detailed. The method is applied to obtain the central tendency and dispersion of the monthly infections reported for the 16 parties that make up this basin from March to December 2020. It is observed that from March to September the confirmed cases are concentrated in the parties of the eastern sector of the basin, while from October to December the cases are mostly concentrated in the western sector districts.

Keywords: Spatial evolution, centographic methods, centrality and dispersion calculations.

## INTRODUCCIÓN

En Argentina, el primer caso de COVID-19 importado se reportó el día 1 de marzo de 2020, en tanto que el primer contagio por transmisión comunitaria se informó el 22 del mismo mes. En el ínterin, el 11 de marzo se registró el primer caso en la ciudad de Luján, localizada en las antípodas del espacio geográfico de Wuhan, China, en donde se originó la pandemia (Buzai, 2020). La facilidad de contagio de esta enfermedad, por un lado, y la velocidad en los procesos de globalización actual, provocaron que pasaran tan solo dos meses y medio desde el primer reporte oficial del virus el 30 de diciembre de 2019, hasta la declaración de pandemia por parte de la Organización Mundial de la Salud y su llegada a la cuenca del río Luján (Buzai 2020).

La cuenca del río Luján se ubica en el sector noreste de la provincia de Buenos Aires, República Argentina. A lo largo de su extensión la cuenca atraviesa 16 municipios o partidos (Campana, Carmen de Areco, Chacabuco, Escobar, Exaltación de la Cruz, General Rodríguez, José C. Paz, Luján, Malvinas Argentinas, Mercedes, Moreno, Pilar, San Andrés de Giles, San Fernando, Suipacha y Tigre), abarcando la totalidad o una parte de su superficie (Buzai *et al.*, 2019). Los partidos de la cuenca superior se caracterizan por presentar zonas principalmente rurales, en tanto que llegando a la cuenca inferior se encuentra el denominado Gran Buenos Aires, unas de las regiones urbanas de mayor extensión y densidad poblacional a nivel mundial (Buzai y Principi, 2017).

Este capítulo tiene como objetivo analizar la propagación de la COVID-19 a lo largo de todo el año 2020 en los partidos de la cuenca del río Luján, utilizando cálculos de tendencia central y dispersión. El propósito principal del trabajo es ejemplificar la

utilidad de los métodos centrográficos para los análisis de distribución y evolución espacial.

## DESARROLLO METODOLÓGICO

La distribución espacial de entidades puntuales es una temática de gran interés en el análisis espacial cuantitativo. Los cálculos de medidas de centralidad y dispersión brindan, cada uno, resultados específicos que describen y sintetizan las características fundamentales de los emplazamientos, por lo cual, sus combinaciones proporcionan un panorama sistemático de las distribuciones y permiten analizar evoluciones espaciales en el tiempo (Buzai y Baxendale, 2012).

### *Tendencia central: Centro Medio Simple y Centro Medio Ponderado*

La medida de centralidad de mayor simplicidad es el Centro Medio Simple, el cual permite identificar el centro de una distribución espacial puntual, considerado también un Centro de Gravedad.

El Centro Medio Simple se obtiene calculando la media de las coordenadas en  $x$  y en  $y$  del conjunto de puntos, como se muestra en la siguiente fórmula:

$$[1] \quad \bar{x} = \frac{\sum x}{n} \quad , \quad \bar{y} = \frac{\sum y}{n}$$

donde  $x$  e  $y$  son los valores de las coordenadas geográficas (Longitud y Latitud, respectivamente) para cada localización puntual y  $n$  la totalidad de los puntos intervinientes.

En este cálculo se considera que cada punto tiene un peso idéntico. Sin embargo, pueden darse situaciones donde existan pesos individuales diferentes para cada localización, dado por variaciones de determinado atributo en cada lugar, por lo que hablamos de Centro Medio Ponderado.

La fórmula para obtener el Centro Medio Ponderado es la siguiente:

$$[2] \quad \bar{x}_w = \frac{\sum xw}{\sum w}, \quad \bar{y}_w = \frac{\sum yw}{\sum w}$$

donde  $x$  e  $y$  son las coordenadas de los puntos;  $w$  denota el peso numérico asignado a cada uno,  $\bar{x}_w$  e  $\bar{y}_w$  son las medias ponderadas de estas coordenadas, y  $n$  es el número de puntos.

Resulta interesante realizar estudios evolutivos para observar hacia dónde se van desplazando los centros de gravedad en función de la característica ponderada.

Tomando lo que plantea Ebdon (1982) sea cual fuere la característica representada por los pesos, el centro medio ponderado proporciona el Centro de Gravedad de la distribución de esta característica. Mientras que el Centro Medio sólo puede dar el centro de gravedad de la distribución de los puntos en sí.

#### *Dispersión: desvío estándar de las distancias y elipse de dispersión*

Para medir la dispersión de un conjunto de puntos, uno de los métodos más sencillos es el cálculo de desvío estándar de las distancias, que proporciona una medida resumen del grado en el que se concentran o dispersan los puntos alrededor del Centro Medio Simple. El resultado visual de esta medida es un círculo.

Se calcula a partir de considerar la distancia de cada punto al centro medio a través de la siguiente fórmula:

$$[3] \quad ds = \sqrt{\frac{\sum (d_{iCM})^2}{n}}$$

Donde  $ds$  es la distancia estándar,  $d$  es la distancia euclidiana entre cada punto  $i$  y el centro medio ( $CM$ ).

Cuando existen valores extremos se debe tener mayor cuidado ya que el cálculo eleva las distancias al cuadrado y las magnifica sensiblemente (Buzai y Baxendale, 2012).

Si lo que queremos observar es la tendencia direccional que tiene el conjunto de puntos podemos hacerlo con el cálculo de la Elipse de Dispersión o elipse del desvío

estándar, que permite considerar la falta de regularidad de distribución de los puntos y la posibilidad de que la dispersión sea mayor en determinados sectores.

Según Ned Levine & Associates (2002) citado por Buzai y Baxendale (2012), la elipse de dispersión deriva de la distribución bivariada definida en la siguiente fórmula:

$$[4] db = \sqrt{\frac{\sigma_x^2 + \sigma_y^2}{2}}$$

Los dos desvíos estándar se calculan de forma ortogonal para los ejes rotados  $x - y$ . El eje que contiene el mayor desvío es coincidente con la línea de regresión lineal de cuadrados mínimos.

La secuencia de cálculos presentada y ejemplificada por Gamir, *et al.* (1995) establecen obtener primero el *Centro Medio* de la distribución de puntos [1] y trasladar el origen de los ejes de coordenadas  $x - y$  al centro medio formado por los ejes  $x' - y'$ .

$$x' = x - \bar{x}, \quad y' = y - \bar{y}$$

En una posterior instancia se deben rotar los ejes  $x' - y'$  calculando el ángulo ( $\theta$ ) desde el eje  $y'$  al eje rotado  $y''$ .

$$\tan \theta = \frac{(\sum x'^2 - \sum y'^2 + \sqrt{\sum x'^2 - \sum y'^2 + 4(\sum x'.y')^2})}{2(\sum x'.y')}$$

Finalmente se realiza el cálculo del desvío estándar de las distancias sobre los ejes rotados de acuerdo con el valor de  $\theta$ .

$$\sigma_x'' = \sqrt{\frac{\sum x'^2 \cdot \cos^2 \theta - 2(\sum x'.y') \cdot \text{sen} \theta \cdot \cos \theta + \sum y'^2 \cdot \text{sen}^2 \theta}{n}}$$

$$\sigma_y'' = \sqrt{\frac{\sum x'^2 \cdot \text{sen}^2 \theta - 2(\sum x'.y') \cdot \text{sen} \theta \cdot \cos \theta + \sum y'^2 \cdot \cos^2 \theta}{n}}$$

Donde  $\sigma_x''$  y  $\sigma_y''$  es el desvío estándar de las distancias respecto de los ejes rotados doble prima,  $x'$  e  $y'$  son las coordenadas de cada punto,  $\theta$  es el ángulo de rotación de los ejes y  $n$  la cantidad de observaciones.

## CASO DE ESTUDIO

Los cálculos fueron realizados a partir de considerar relevante, en primer lugar, la localización geográfica de las ciudades cabecera de cada uno de los 16 partidos que integran la cuenca del río Luján. Se destaca particularmente el carácter fuertemente concentrado de la población en las áreas urbanas de la totalidad de los partidos, ya sea en aquellas que se fusionan formando el Gran Buenos Aires hacia el sector este, como también en aquellos partidos mayormente rurales que presentan marcadas concentraciones de población, y que tienen principalmente como centro de gravedad las ciudades cabecera hacia la cuenca superior y media (Montes, 2019), lo cual hace posible la aplicación del método centrográfico. De este modo, se calculó en primer lugar el Centro Medio Simple de la dispersión de ciudades cabecera, y se graficó el Círculo de desvíos estándar.

En segundo lugar, el análisis toma en consideración la cantidad de casos, no acumulados, de contagios de COVID-19 reportados para cada uno de los meses, desde marzo a diciembre de 2020. Este dato fue normalizado por cada 100 000 habitantes a fin de poder realizar comparaciones en la tasa de contagio entre las distintas ciudades, sin deformaciones que de otro modo estarían dados por las marcadas diferencias en la población de cada distrito. Con este dato se calculó para cada uno de los meses de 2020, el Centro Medio Ponderado, y la Elipse de dispersión. Los datos utilizados se detallan en la tabla 1.

**Tabla 1. Datos para cada ciudad cabecera, utilizados en el presente artículo**

Ciudad cabecera	Coordenadas		Año 2020 - Contagios cada 100 000 habitantes											
	Long. O	Lat. S	Pob. 2010	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	
Campana	58.95918	34.16328	94461	1.1	7.4	28.6	195.8	201.1	740	839.5	1076.6	428.7	293.2	
Carmen de Areco	59.82274	34.37658	14692	0	0	0	27.2	238.2	54.5	265.5	476.4	639.8	1306.8	
Chacabuco	60.47124	34.64200	48703	0	0	12.3	28.7	117	67.8	197.1	809	710.4	659.1	
Belén de Escobar	58.79438	34.34605	213619	2.3	14.5	45.4	317.4	434.4	926.4	1267.7	704.5	356.2	301.9	
Capilla del Señor	59.09933	34.29418	29805	3.4	3.4	6.7	100.7	278.5	852.2	667.7	603.9	466.4	234.9	
General Rodríguez	58.95234	34.60683	87185	0	6.9	10.3	199.6	476	1200.9	1235.3	1157.3	659.5	307.4	
José C. Paz	58.75381	34.52681	265981	0.4	4.1	19.6	210.5	429.4	1301.6	845.5	667.7	372.6	197.4	
Luján	59.11482	34.56642	106273	2.8	13.2	19.8	188.2	294.5	1124.5	932.5	877.9	446	233.4	
Los Polvorines	58.70126	34.49806	322375	1.9	7.8	25.1	199.5	401.7	1332.3	1128.2	826.7	467.5	234.2	
Mercedes	59.43146	34.65077	63284	1.6	1.6	1.6	55.3	621	451.9	766.4	736.4	268.6	289.2	
Moreno	58.79000	34.65128	452505	5.7	4.2	18.6	239.1	477.8	1217	1028.3	678.9	480.4	223	
Pilar	58.91393	34.45875	299077	4.3	16.7	17.1	240.4	514.9	1166.6	978.7	829.9	526.3	519.3	
San Andrés Giles	59.444748	34.44233	23027	8.7	0	0	39.1	104.2	143.3	304	395.2	321.4	959.7	
San Fernando	58.55809	34.44057	163240	2.5	12.3	20.2	238.3	784.1	1418.2	1007.1	651.2	329	265.3	
Suipacha	59.68688	34.76875	10081	0	0	0	29.8	505.9	248	585.3	436.5	257.9	317.4	
Tigre	58.57545	34.42474	376381	2.7	12.5	12.2	225.8	458.8	1247.7	932.8	564.6	315.4	320.4	

Fuente: Elaboración propia, 2021.

### *Software utilizado*

La aplicación de los métodos centrográficos se realizó en QGIS 3.10.5. El Centro Medio Simple se calculó utilizando la opción de coordenada(s) media, disponible dentro de las herramientas de análisis del menú vectorial. Aquí mismo está la opción de otorgar un campo de peso que permitió cartografiar el Centro Medio Ponderado.

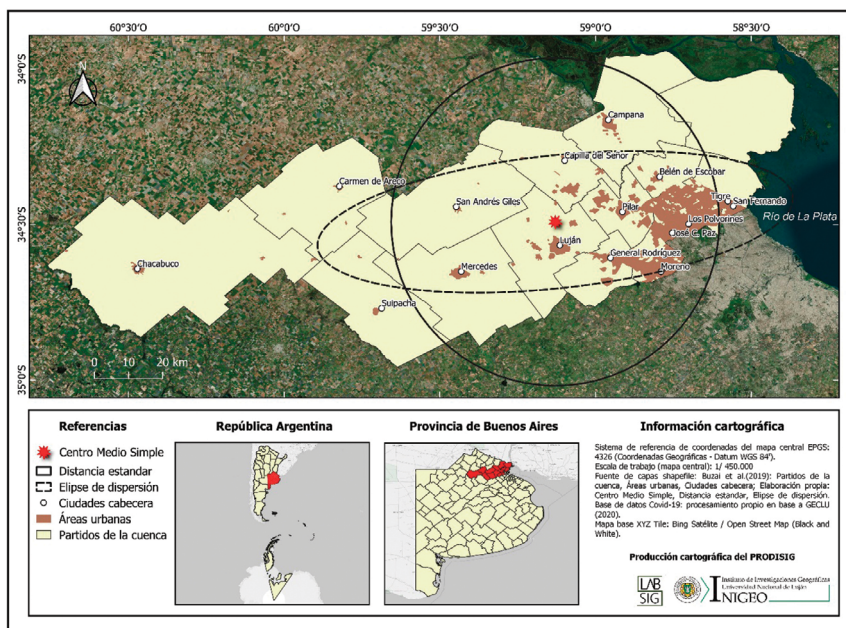
Para realizar el círculo del desvío estándar de las distancias se utilizó la herramienta Spatial Point Pattern Analysis (análisis espaciales de patrones de puntos), disponible en las herramientas geoestadísticas (geostatistic) de SAGA, accesible desde el menú Procesos.

Para elaborar la Elipse de dispersión se instaló en QGIS el complemento Standard Deviational Ellipse (SDE) (elipse de desviación estándar). Con este se calculó la elipse simplemente seleccionando la capa de puntos, indicando el campo con los datos de ponderación y el método CrimeStat que utiliza las fórmulas presentadas anteriormente.

## RESULTADOS

La figura 1 muestra el Centro Medio Simple, el Círculo de Desvío Estándar y la Elipse de dispersión de las ciudades cabecera de los 16 partidos de la cuenca del río Luján. Recordemos que ambos cálculos se basan en la localización geográfica medida en latitud y longitud, otorgando el mismo peso a cada localidad. El Centro Medio Simple es el promedio de localizaciones  $x$  e  $y$ , en tanto que el Círculo representa el desvío estándar de la distancia de cada punto al centro medio y la Elipse de dispersión muestra mejor la distribución de esta tendencia, con el eje mayor en la dirección de la dispersión máxima y su eje menor en la dirección de la dispersión mínima. El Centro Medio Simple lo continuaremos representando en cada uno de los siguientes cálculos como medida de comparación.

Figura 1. Partidos de la cuenca del río Luján, áreas urbanas y las ciudades cabeceras. Cálculo del Centro Medio Simple y Círculo de Desvío Estándar

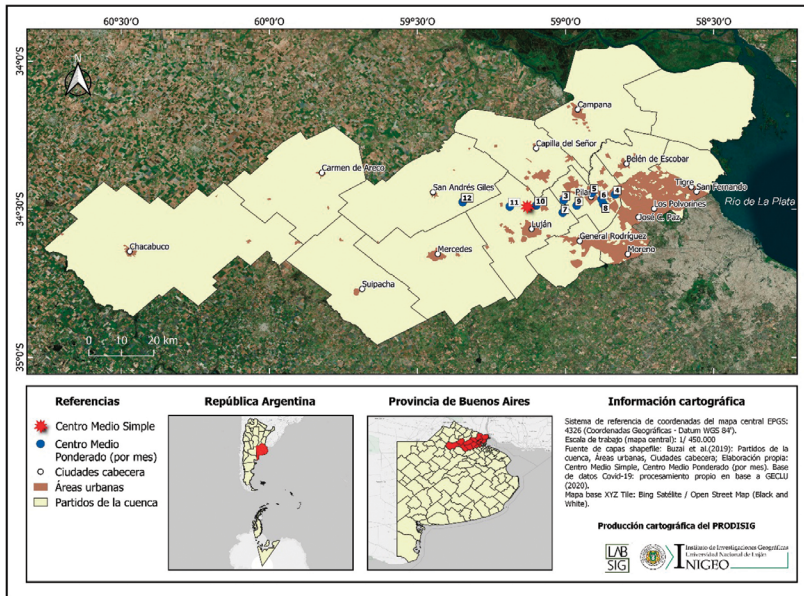


Fuente: Elaboración propia, 2021, con el *software* QGIS, complemento SDE y SAGA.

La figura 2 muestra una serie de puntos que corresponde al Centro Medio Ponderado calculado para la tasa de casos confirmados por ciudad cabecera en cada uno de los meses, entre marzo (primer caso reportado) y diciembre de 2020.

En el mapa se observa que de marzo a septiembre (meses 3 a 9) los puntos se concentran hacia el este de la media, lo cual indica que en los partidos ubicados en el sector de la cuenca baja son los que registran la mayor tasa de contagios, con mayores o menores variaciones entre estos partidos, que se manifiestan en el movimiento espacial menor de cada punto. En octubre (mes 10) el Centro Medio Ponderado se acerca hacia el centro medio, lo que muestra la propagación de la enfermedad hacia los partidos de la cuenca superior, tendencia que se profundiza en noviembre y principalmente en diciembre (meses 11 y 12). El mayor desplazamiento del Centro Medio Ponderado en este último mes muestra que ahora la tasa de contagios es mayor en los partidos de la cuenca superior, lo que provoca el desplazamiento de punto hacia el oeste del Centro Medio Simple.

Figura 2. Partidos de la cuenca del río Luján. Centro Medio Ponderado por casos de Covid-19 detectados para cada uno de los meses entre marzo y diciembre de 2020



Fuente: Elaboración propia, 2021, con el software QGIS.

Este mapa muestra el sentido general de la evolución espacial en la propagación de la enfermedad. Para analizar mejor la estructura de la información calculamos la Elipse de dispersión. Para simplificar la exposición se ejemplificará la información que brinda este indicador, comparando los resultados arrojados sucesivamente para los meses de marzo (primer contagio), abril (mayor dispersión a este del Centro Medio Simple), julio (mitad de periodo analizado) y diciembre (finalización del periodo y mayor dispersión hacia el oeste respecto del Centro Medio Simple). La tabla 2 resume los datos correspondientes a las Elipses de dispersión que se ilustran en las figuras 3 a 6.

La figura 3 muestra el Centro Medio Ponderado y la Elipse de dispersión de los datos correspondientes al mes de marzo. En este mapa se observa que el centro de gravedad se ubica al este del Centro Medio Simple, indicando que la mayor cantidad de contagios corresponden a los partidos de la cuenca baja. La Elipse de dispersión es indicativa de una relativa concentración de los casos en unos pocos partidos, ubicados principalmente hacia el sector este de la cuenca.

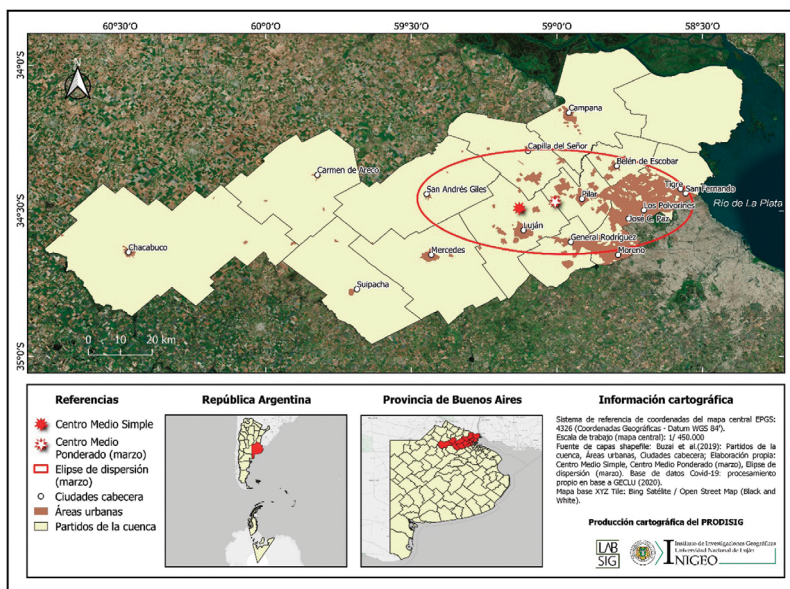
Una mayor tendencia a la concentración de los casos se observa en la Elipse correspondiente al mes de abril que se ilustra en la figura 4. Obsérvese que el eje mayor de la elipse mide menos de la mitad respecto de Elipse de dispersión no ponderada, mostrando así el peso de los datos correspondientes a las ciudades cabecera, ubicadas en la cuenca baja.

Tabla 2. Datos calculados para la elaboración de las elipses de dispersión para las ciudades cabecera de la cuenca del río Luján, sin y con ponderación por cantidad de contagios no acumulados de Covid-19 para los meses de marzo, abril, julio y diciembre 2020

Elipse	meanx	meany	majorangle	directiond	majorstd	minorstd	eccentrici
Normal	-59.129524	-34.491089	0.106343009	83.90699443	0.767202635	0.213595501	0.960462845
Marzo	-59.006431	-34.469023	-0.028263341	91.61937017	0.473098305	0.179073217	0.925596529
Abril	-58.832982	-34.450297	0.152666988	81.25282592	0.303005884	0.176093858	0.813791775
Julio	-59.009431	-34.511037	0.153595162	81.19964545	0.647635928	0.190351886	0.955830625
Diciembre	-59.347487	-34.475676	0.068088482	86.09881733	0.846167915	0.199995984	0.971666781

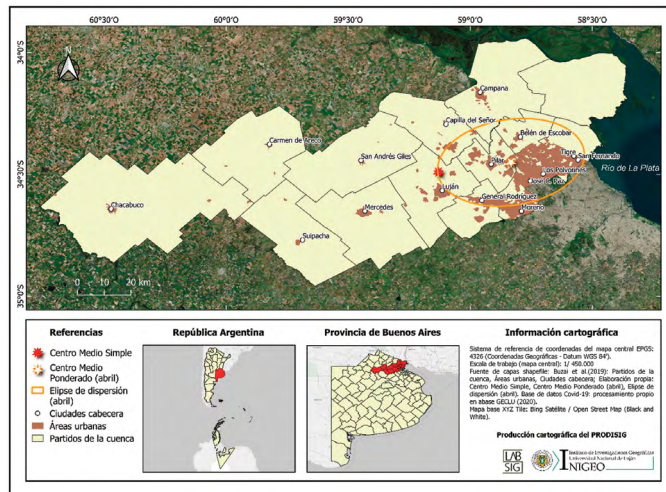
Fuente: Elaboración propia, 2021, con el software QGIS y el complemento *Standar Deviatonal Ellipse* (SDE).

Figura 3. Partidos de la cuenca del río Luján. Centro Medio Ponderado y Elipse de Dispersión dados por la cantidad de casos de Covid-19 detectados en marzo de 2020



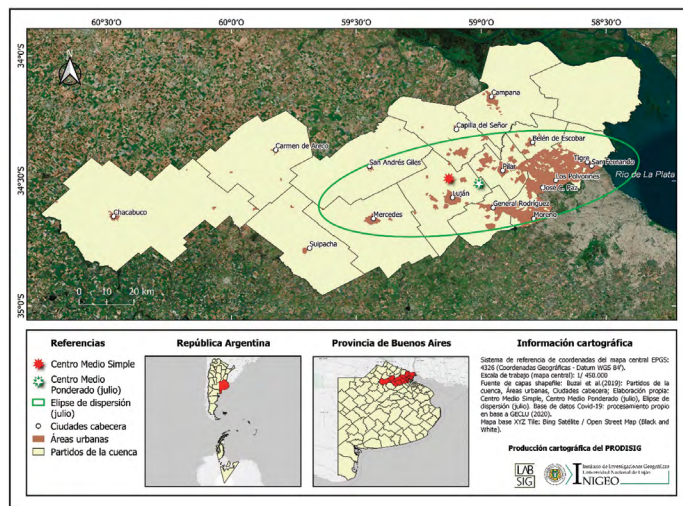
Fuente: Elaboración propia, 2021, con el software QGIS y el complemento *Standar Deviatonal Ellipse* (SDE).

Figura 4. Partidos de la cuenca del río Luján. Centro Medio Ponderado y Elipse de Dispersión dados por la cantidad de casos de COVID-19 detectados en abril de 2020



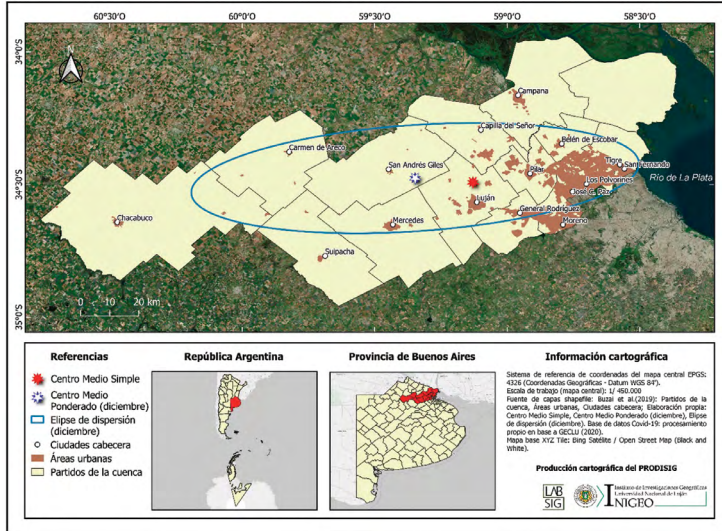
Fuente: Elaboración propia, 2021, con el *software* QGIS y el complemento *Standar Deviational Ellipse* (SDE).

Figura 5. Partidos de la cuenca del río Luján. Centro Medio Ponderado y Elipse de Dispersión dados por la cantidad de casos de COVID-19 detectados en julio de 2020



Fuente: Elaboración propia, 2021, con el *software* QGIS y el complemento *Standar Deviational Ellipse* (SDE).

**Figura 6. Partidos de la cuenca del río Luján.  
Centro Medio Ponderado y Elipse de Dispersión dados  
por la cantidad de casos de COVID-19 detectados en diciembre de 2020**



Fuente: Elaboración propia, 2021, con el *software* QGIS y el complemento *Standard Deviational Ellipse* (SDE).

En la figura 5 se observa que, hacia el mes de julio, el Centro Medio Ponderado se desplaza hacia el este del anterior, y la Elipse de dispersión está más expandida, indicando un aumento en la cantidad de casos hacia los partidos del centro y oeste de la cuenca y simultáneamente una mayor distribución de casos entre las localizaciones puntuales. Esta tendencia termina de consolidarse hacia el mes de diciembre, cuando todos los partidos de la cuenca registran gran cantidad de contagios, con un mayor peso hacia los partidos del oeste que desplazan el centro medio de la distribución hacia su mayor distancia al oeste del Centro Medio Simple (figura 6). Esta última Elipse es la que presenta mayor similitud morfológica con la Elipse calculada sin ponderación, lo cual es un indicador de que los casos se distribuyen en forma mayormente homogénea entre todos los puntos, y que hay mayor cantidad relativa de casos hacia el oeste.

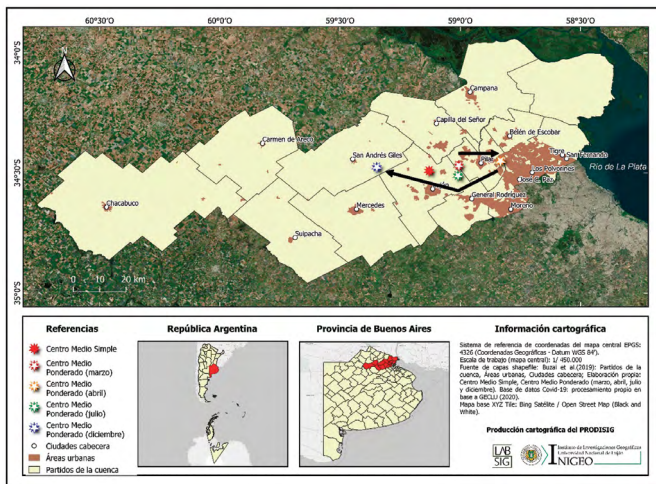
Las figuras 8 y 9 resumen la evolución espacial de la propagación de la enfermedad desde el mes de marzo a diciembre, utilizando las medidas de centralidad y dispersión,

resumidas en sendos mapas. La flecha negra en la figura 8 muestra el sentido general de la propagación de centro-este a este y luego al oeste. El área de intersección de las Elipses en la figura 9 indica que, aunque se observa una propagación general de la enfermedad hacia el oeste, hay continuidad de los contagios también en el sector este.

## CONCLUSIONES

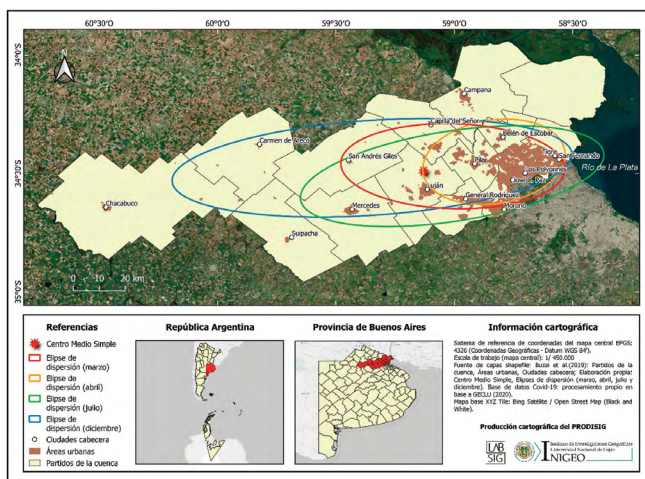
En este trabajo se ha procurado ejemplificar el fuerte potencial de algunos métodos centrográficos sencillos para el análisis espacial cuantitativo. Se tomó como ejemplo la evolución espacial de COVID-19 en los partidos que integran la cuenca del río Luján, la cual se analizó aplicando medidas de centralidad y dispersión que brindaron, cada una, resultados específicos que permitieron sintetizar las características fundamentales de la distribución de casos confirmados a lo largo del año 2020. Se observó así una primera etapa de contagios concentrados en los partidos del sector este de la cuenca (mes de marzo a septiembre) y su posterior traslación a los partidos del sector oeste (mes de octubre a diciembre).

**Figura 7. Partidos de la cuenca del río Luján.**  
**Desplazamiento registrado en los Centros Medios Ponderados dados por la cantidad de casos de Covid-19 detectados entre los meses de marzo y diciembre de 2020**



Fuente: Elaboración propia, 2021, con el *software* QGIS y el complemento *Standard Deviational Ellipse* (SDE).

**Figura 8. Partidos de la cuenca del río Luján.**  
**Desplazamiento registrado en las Elipses de Dispersión dados por la cantidad de casos de COVID-19 detectados entre los meses de marzo y diciembre de 2020**



Fuente: Elaboración propia, 2021, con el *software* QGIS y el complemento *Standard Deviational Ellipse* (SDE).

Se podría asociar la primera etapa de contagios a las extensas concentraciones urbanas del sector oriental de la cuenca respecto del sector occidental. Se trata de una observación que para su completa comprensión debe complementarse con otras variables, indicadores y métodos cuantitativos (*e.g.* la vinculación con la pobreza, ver Buzai en esta obra). No obstante, el marcado, en el sentido general de la propagación, evidenciado por la aplicación del método centrográfico, es una muestra de la utilidad conceptual y aplicada del enfoque cuantitativo para la Geografía de la Salud.

#### AGRADECIMIENTO

A Luis Humacata por el registro de casos acumulados de COVID-19 en los partidos de la cuenca del río Luján, realizado en el marco de los proyectos de investigación del Grupo de Estudios de la Cuenca del río Luján (GECLU), del Instituto de Investigaciones Geográficas de la Universidad Nacional de Luján.

## REFERENCIAS

- Buzai, G. (2020). De Wuhan a Luján. Evolución espacial del Covid-19. *Posición*, 3, pp. 1-21.
- Buzai, G. y Baxendale, C. (2012). *Análisis socioespacial con sistemas de información geográfica. Ordenamiento territorial. Temáticas de base vectorial*. (Tomo 2). Buenos Aires: Lugar Editorial
- Buzai, G., et al. (2019). *Atlas de Geografía Humana de la cuenca del río Luján*. Buenos Aires: INIGEO, Universidad Nacional de Luján.
- Buzai, G. y Principi, N. (2017). Identificación de áreas de potencial conflicto entre usos del suelo en la cuenca del río Luján, Argentina. *Revista Geográfica de América Central*, 59, pp. 91-124.
- Ebdon, D. (1982). *Estadística para geógrafos*. Barcelona: Oikos-tau.
- Gámir, A., et al. (1995). *Prácticas de análisis espacial*. Barcelona: Oikos-Tau.
- Montes, E. (2019). Distribución espacial de la población. En G. Buzai y S. Lanzelotti (comp.) *Atlas de Geografía Humana de la cuenca del río Luján*. Buenos Aires: Instituto de Investigaciones Geográficas, Universidad Nacional de Luján, pp. 92-93.
- Ned Levine & Associates (2002). *CrimeStat c II. A Spatial Statistics Program for the Analysis of Crime Incident Locations*. Washington: The National Institute of Justice.



# TENDENCIA ESPACIAL DE LA MORBILIDAD Y MORTALIDAD POR COVID-19 EN MÉXICO A UN AÑO DE LA PANDEMIA

*Iliana Villerías Alarcón\**

*María del Carmen Juárez Gutiérrez\*\**

## RESUMEN

Los eventos de salud que ocurren en cualquier territorio están relacionados con la variable tiempo y espacio; donde el analizar e interpretar estos comportamientos permiten la identificación de patrones y la predicción de escenarios de salud. El objetivo del estudio es identificar la tendencia espacial de la morbilidad y mortalidad por COVID-19 en México a un año de la pandemia. El método utilizado fue una estadística no paramétrica, llamada tendencia monótona de Mann-Kendall realizada en el *software* Terrset®, mostrando espacialmente las tendencias ya sean en aumento o decremento, así como su intensidad. Los resultados demuestran que las mayores tasas de casos positivos y defunciones se presentan en la frontera norte y centro del país como la Ciudad de México, mientras que las tendencias con mayor intensidad en el incremento de casos se encuentran en los estados que albergan las principales zonas metropolitanas del país. Las principales conclusiones derivadas del análisis son que a pesar de implementar diversas medidas para contrarrestar los contagios aún siguen siendo insuficientes y esto se observa en los territorios donde existe mayor movilidad de personas y mercancías que tienen una tendencia ascendente con una intensidad alta.

Palabras claves: Análisis espacio-temporal, COVID-19, tendencia espacial.

---

\*villerias.al@gmail.com/ivilleriasa582@alumno.uaemex.mx Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Geografía

\*\* mela\_jg@igg.unam.mx Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geografía

## ABSTRACT

Health events that occur in any territory are related to the variable time and space; where analyzing and interpreting these behaviors allow the identification of patterns and the prediction of health scenarios. The objective of the work is to analyze the

space-time behavior of the COVID-19 pandemic in Mexico from the first case detected in the country (February 27, 2020) to January 31, 2021. The method used was a non-parametric statistic, called Mann-Kendall's monotonous trend performed in the Terrset software® spatially showing trends whether increasing or decreasing, as well as their intensity. The results show that the highest rates of positive cases and deaths occur on the northern and central border of the country such as Mexico City, while trends with greater intensity in increasing cases are found in the states that host the main metropolitan areas of the country. The main conclusions derived from the analysis are that despite implementing various measures to counteract contagions they are still insufficient and this is seen the territories where there is greater mobility of people and goods that have an upward trend with a high intensity.

Keywords: Space-time analysis, COVID-19, space trend.

## INTRODUCCIÓN

El estudio de las enfermedades en la Geografía se centra en dos líneas, una es la geografía y la epidemiología que pretende entender cómo es el patrón de la enfermedad para conocer sus efectos en la población, y otra es el espacio y la medicina, en la cual las características ambientales y socioeconómicas permiten hacer relaciones etiológicas, naturales o sociales de los daños descubiertos (Litva y Eyles, 1995; Iñiguez, 1998).

El problema de la pandemia marca una naturaleza modificada por las acciones humanas que dan lugar a una nueva construcción social, y muestra un espacio organizado y muy desigual en el cual determina la ocurrencia de epidemias de SARS y gripa, así como de otras enfermedades infecciosas desde principios del siglo XXI, en forma regional hasta llegar a la pandemia de la COVID-19, como la que se vive en este momento de la historia de la humanidad (Méndez, 2020).

La enfermedad de la COVID-19 como un problema de salud es un riesgo, ya que ha mostrado ser altamente contagiosa, y también ocasiona la muerte en una

gran parte de la población debido a la vulnerabilidad social en la que se encuentra; esta comprende características demográficas, como la densidad de población, la edad avanzada, la preexistencia de enfermedades y la percepción de salud de los habitantes, así como las condiciones socioeconómicas precarias en vivienda, ingresos, educación y la participación social. En el siglo XVII el médico William Petty ya mencionaba que la estructura demográfica, los factores sociales, económicos y culturales estaban en estrecha relación con la situación de la salud, él veía una relación directa entre problemas sociales y salud (Balarezo-López, 2018).

La vulnerabilidad social ha sido conceptualizada desde varias áreas del conocimiento y por ello tiene diversas definiciones, sin embargo, el factor común en todas es la presencia de vulnerabilidad y amenaza como dos conceptos unidos. La amenaza es la probabilidad de ocurrencia de un evento dañino para la población, en tanto que la vulnerabilidad surge de la interacción de diversos factores a los cuales la sociedad es incapaz de responder de manera adecuada ante un riesgo (Díaz, 2010).

Asimismo, es una línea de estudio útil para analizar la realidad, a través de la desigualdad de la población, que se ve como una exposición continua al riesgo y una probabilidad al contagio de la COVID-19, en donde los grupos vulnerables y la morbilidad de la población son componentes importantes para conocer el daño e identificar a las colectividades afectadas (Araujo, 2015).

La salud vinculada al contexto social y las características de las personas da como resultado la vulnerabilidad diferencial, que evidencia la distribución de las inequidades y las condiciones de vida como factores de riesgo delimitando la estratificación social y con ello la determinación en salud mediante la estadística y la probabilidad (Morales-Borrero, *et al.*, 2013; Velasco, 2021).

Por otra parte, un elemento importante en el estudio de la dicotomía territorio y salud es el empleo del análisis espacial y las geotecnologías que permiten avanzar en el conocimiento de la distribución de las enfermedades y han facilitado el análisis sobre la vulnerabilidad de la población (Jori, 2013). De esta manera los sistemas de información geográfica son muy útiles porque permiten hacer diagnósticos en el monitoreo de la salud-enfermedad y en la toma de decisiones espaciales; apoyados del análisis espacial permiten realizar evaluaciones espaciales, con el propósito de evidenciar y comprender las configuraciones existentes dentro del territorio de manera espacial, de modo que se contribuya a plantear políticas públicas enfocadas a mejorar las condiciones de salud y disminuir las tasas de morbimortalidad (Villeras y Juárez, 2020).

En este sentido, a casi un año de la pandemia se observa que la enfermedad afecta a personas de todas las edades y de condición social indistinta. El hecho de mencionar diariamente, cuántas muertes suceden; el incremento de contagios y hospitalizaciones, así como el número de recuperados, se ha vuelto un modo de vida. Dicha situación tiene que ver con la vulnerabilidad social de la población que presenta un riesgo ante el contagio, por la interacción de diversos factores a los cuales la sociedad es incapaz de responder de manera adecuada ante una pandemia. El objetivo del estudio es identificar la tendencia espacial de la morbilidad y mortalidad por COVID-19 en México de 2020 a 2021.

## METODOLOGÍA

### *Datos y procedimientos*

Para llegar al objetivo principal se desarrollaron diversos procedimientos, el primero fue obtener la información de los casos positivos y defunciones por COVID-19 desde el mes de enero 2020 a enero 2021 a través de la Dirección General de Epidemiología (DGE) perteneciente a la Secretaría de Salud (2020 y 2021); enseguida se consultó el Censo de Población y Vivienda 2020 del INEGI (2020) para recabar la información de población estatal.

Posteriormente, se obtuvo la tasa de morbilidad y mortalidad por COVID-19 con las siguientes ecuaciones I y II.

$$TMorb = \left( \frac{No. \text{ Casos}}{Tot. \text{ pob.}} \right) 100,000 \quad [I]$$

Donde:

TMorb= tasa de morbilidad

No. Casos = número de casos positivos por COVID-19

Tot. pob = total de población

$$TM = \left( \frac{Def.}{Tot. \text{ pob.}} \right) 100,000 \quad [II]$$

Donde:

TM= tasa de mortalidad

Def= número de defunciones por COVID-19

Tot. pob. = total de población

De esta manera se realizan las primeras aproximaciones que permiten analizar la distribución espacial de la morbilidad y mortalidad por COVID-19, así como también expresa la velocidad con la cual se presenta un evento de morbilidad y mortalidad de una enfermedad específica durante cierto periodo en un territorio (Villerías y Juárez, 2020).

### *Pruebas de tendencia o series de tiempo*

El conocimiento de las variaciones en el tiempo de una condición de salud es una forma de reconocer el impacto que ha tenido en la población, en este sentido, las series de tiempo son un método que involucra el estudio de individuos o grupos observados secuencialmente en el tiempo, por lo que son un recurso que permiten entender la dinámica y evolución de un fenómeno.

El propósito de la prueba de tendencia o series de tiempo es determinar si los valores de una variable aleatoria generalmente aumentan o disminuyen durante un periodo en términos estadísticos (Helsel y Hirsch, 1992). Se pueden utilizar pruebas estadísticas paramétricas o no paramétricas para analizar si existe una tendencia; de acuerdo con Castro y Carvajal (2010):

Las pruebas paramétricas inferen que los datos tienen una distribución normal, son sensibles a la cantidad de datos, a las asimétricas y a la presencia de datos atípicos; mientras que las pruebas no paramétricas, no requieren de ningún supuesto de normalidad o de otra distribución conocida, por lo que son útiles para amplios rangos de distribución de casos, ya que los resultados estadísticos se derivan únicamente a partir de procedimientos de ordenación y recuento (p.18).

Existen diferentes métodos de tendencia paramétrica y no paramétrica, por ejemplo, U test Mann-Whitney, test Mann-Whitney-Wilcoxon, Box-Jenkins, test Mann-Kendall, entre otras (Gilbert, 1987).

Para analizar la tendencia de las tasas de morbilidad y mortalidad por COVID-19, se elaboraron series de tiempo que comprenden valores mensuales desde el mes de enero de 2020 a enero de 2021, para ello se aplicó el método de tendencia no paramétrica Mann-Kendall en el *software TerrSet*; ya que esta prueba consiste en la comparación entre los valores que componen una misma serie temporal en orden secuencial, permitiendo observar el comportamiento de la morbilidad y mortalidad por COVID-19 de manera territorial en un lapso.

La estadística Mann-Kendall toma como punto inicial el valor de 0 en la desviación estándar y cuando un valor es más alto que el periodo anterior, esta tiende a incrementar a un valor de +1; mientras que cuando el valor es inferior disminuye la desviación estándar hacia -1; de tal manera se considera que la tendencia es ascendente cuando se aproxima a +1 y descendente a -1 (Yue, 2002; Villerías y Santana, 2021).

En este sentido, la prueba de Mann- Kendall se calcula con la siguiente ecuación III:

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k)$$

Donde:

$$\text{Sgn}(x) = \begin{cases} +1 & x > 0 \\ 0 & x = 0 \\ -1 & x < 0 \end{cases}$$

$X_j$  y  $X_k$  representan los datos estimados de la secuencia de valores y n es el tamaño de la serie temporal. Cuando la diferencia de  $X_j$  y  $X_k$  es cero (0) o  $< 0$  el *sgn* será igual a 0, si la diferencia de  $X_j$  y  $X_k$  es  $> 0$  el resultado es +1.

El resultado de S indica la posible existencia de tendencias, cuando su valor es significativamente diferente de 0, por lo que se podrá rechazar la  $H_0$  que señala que los datos que componen la serie temporal son variables aleatorias, independientes e

igualmente distribuidas, no existiendo una tendencia y se tendrá que aceptar la  $H_1$  que señala que los datos de la serie temporal siguen una tendencia monoatómica (Mann, 1945). La existencia de una tendencia significativa es evaluada por el p-value que debe ser igual o menor que 0.05 para rechazar la hipótesis nula  $H_0$ , y poder aceptar la Hipótesis alternativa  $H_1$ . Para indicar el crecimiento o decremento en una tendencia significativa se utiliza el coeficiente Tau de Kendall (ecuación IV), donde los valores positivos indican que hay un aumento en la tendencia y el valor negativo una disminución en la tendencia.

$$\tau = \frac{C - D}{\sqrt{(C + D + E_x)(C + D + E_y)}}$$

Donde  $C$  corresponde al número de veces donde los dos valores de un caso en  $X$  y  $Y$  son mayores o menores que los del caso anterior,  $D$  representa el número contrastes entre los valores, es decir, cuando un dato de una variable puede ser mayor o menor que la anterior.  $E_x$  es el número de veces que los valores de dos casos sucesivos coinciden en la variable  $X$ , mientras que  $E_y$  es lo mismo pero los valores de los casos consecutivos coinciden en la variable  $Y$  (Santana *et al.*, 2020).

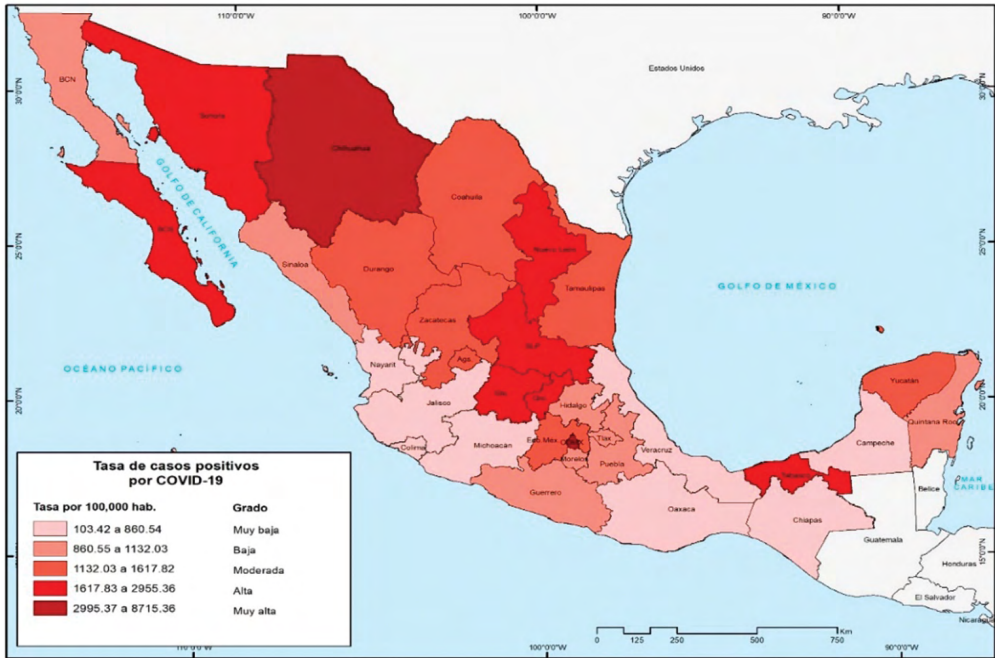
## RESULTADOS

Distribución espacial de la movilidad y mortalidad por COVID-19 a casi un año de la pandemia.

A un año de la pandemia varios países de América Latina incrementaron a un ritmo acelerado los casos positivos y defunciones por COVID-19, por ejemplo, Brasil, Colombia, Argentina, México y Perú que se sitúan dentro de la clasificación de los 10 países con mayores casos positivos y defunciones por COVID-19 (Dong y Gardner, 2020).

México, a casi un año de registrarse el primer caso, tiene una tasa de morbilidad de 1 486.36 y de mortalidad de 126.52 por cada 100 000 habitantes. La distribución espacial (figura 1) da a conocer que la mayor concentración de tasa de morbilidad por COVID-19 aún predomina en la Ciudad de México (CDMX) con 8 715.33, seguido del estado de Chihuahua con 5 587.16, Baja California Sur con 2 955.36 y Tabasco con 2 209.35 por cada 100 000 habitantes.

Figura 1. Distribución espacial de la morbilidad por Covid-19 al 31 de enero, 2021

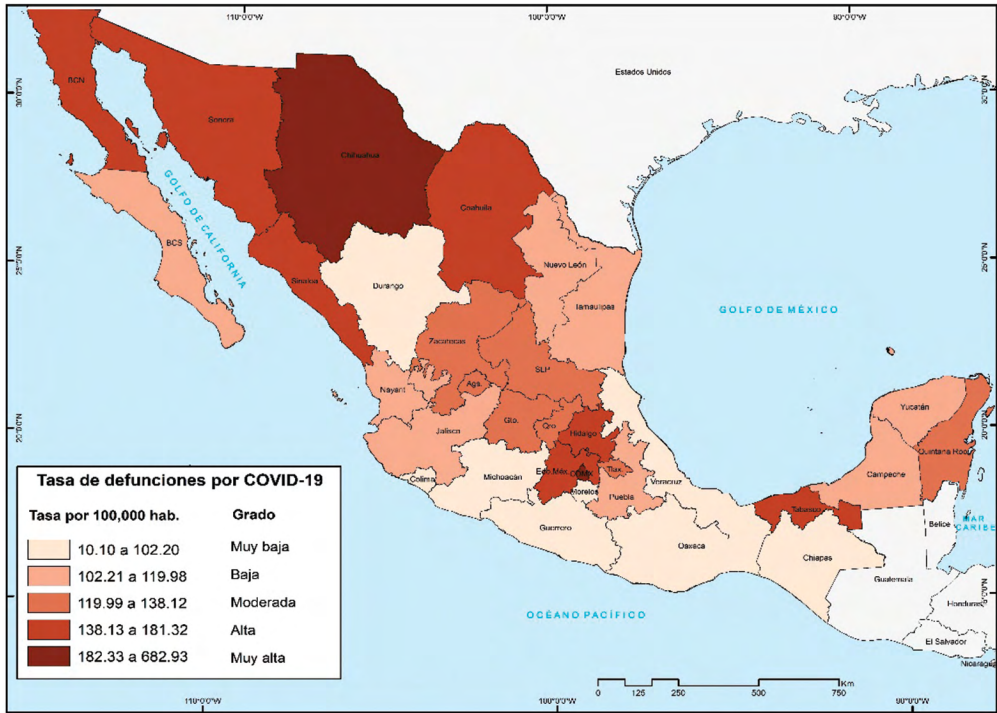


Fuente: Elaboración propia con base en datos obtenidos de la Dirección General de Epidemiología perteneciente a la ss, 2020 y 2021.

Por otra parte, la distribución de las tasas más bajas de morbilidad se observa en la región del occidente de México (Nayarit, Jalisco, Colima y Michoacán), en los estados de Chiapas, Oaxaca, Veracruz y Campeche; cabe señalar que la menor tasa se registra en Colima con 103.42 por cada 100 000 habitantes.

La tasa de mortalidad por COVID-19 a nivel nacional hasta el 31 de enero de 2021 es de 126.52 por cada 100 000 habitantes, ocupando el tercer lugar a nivel mundial. La distribución de las tasas de mortalidad en el territorio (figura 2) denota que el estado de Chihuahua y la CDMX registran las tasas más altas del país con 672.96 y 408.59 por cada 100 000 habitantes.

Figura 2. Distribución espacial de la mortalidad por Covid-19 al 31 de enero, 2021



Fuente: Elaboración propia con base en datos obtenidos de la Secretaría de Salud, 2020 y 2021.

Mientras que las tasas más bajas se observan en la región Pacífico Sur mexicano (Guerrero, Oaxaca y Chiapas), Michoacán, Veracruz y Colima, presentaron la tasa más baja del país con 10.10 por cada 100 000 habitantes.

Es probable que la prevalencia de las altas tasas de morbilidad y mortalidad durante casi un año se deba a la gran movilidad de personas, por ejemplo, el flujo constante de la población de la CDMX y la zona conurbada del Estado de México, mientras que en Chihuahua al ser un estado fronterizo “[...] los contagios no sólo se dan por flujos de movilidad de personas de un lado a otro de la línea divisoria, sino también por los movimientos de mercancías que existen entre ambos países” (Villeras y Juárez, 2020, p. 9). Por su parte, en los territorios con bajas tasas es posible que el relieve y la falta de conectividad vial sean un factor que disminuye la movilidad de las personas, por lo que el riesgo de contagio es menor; es importante resaltar que algunas localidades de estos estados cerraron su acceso para controlar los contagios.

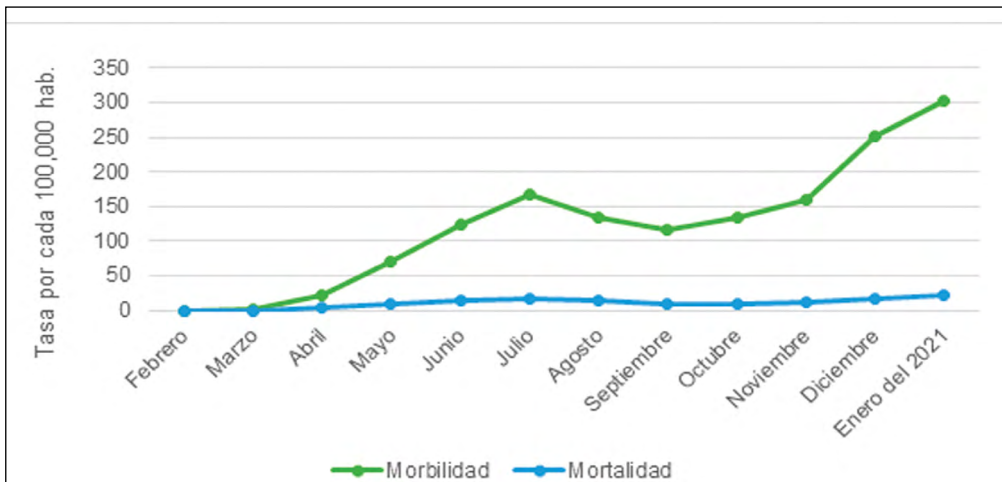
*Análisis espacio-temporal de las tasas de morbilidad y mortalidad por COVID-19*

En la actualidad, los estudios relacionados con la Geografía de la salud y la epidemiología reconocen ampliamente la dimensión temporal debido a que es de gran importancia para realizar un análisis territorial integral y comprender la evolución del problema de salud.

Como se ha mencionado anteriormente, México ha figurado entre los países a nivel mundial con mayores tasas de morbilidad y mortalidad por COVID-19, sin embargo, las tasas mensuales han sido variadas a lo largo de casi un año desde que se registró el primer caso.

Durante un periodo de 12 meses, las mayores tasas se registraron en el mes de enero de 2021 con 303.38 de morbilidad y 21.53 de mortalidad, mientras que en el año anterior fue en el mes de diciembre con 251.14 de TMorb y julio con 17.42 TM por cada 100 000 habitantes (véase figura 3).

**Figura 3. Tendencia de la tasa de morbilidad y mortalidad por Covid-19 al 31 de enero, 2021**



Fuente: Elaboración propia, Secretaría de Salud, 2020 y 2021.

A pesar de observarse en la figura anterior una curva que aumenta hasta el mes de julio y posteriormente disminuye hasta el mes de octubre, y vuelve a aumentar en los últimos meses del año, al aplicar el análisis de serie de tiempo se obtuvo un Tau de

Kendall de 0.818 y un p-value de 0.000213 siendo menor a 0.05. Por lo tanto, se debe de rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa señalando que en este lapso existe una tendencia ascendente de la tasa de morbilidad por COVID-19. Para el caso de la mortalidad, la variación que presentó la serie en los distintos meses es muy parecida, por lo que se indica que hay una estacionalidad en los datos y no se puede definir una tendencia.

No obstante, la variación de la tendencia espacial de las tasas de morbilidad y mortalidad no son homogéneas en el territorio durante este lapso, por lo que en ciertos estados el comportamiento de las tasas pudo presentar una tendencia ascendente o descendente con diferente intensidad, o bien una estacionaria.

A nivel estatal, 65.62% del territorio presenta una tendencia ascendente y significativa en la tasa de morbilidad por COVID-19 (figura 4), siendo la CDMX que tiene una intensidad muy alta con un Tau de Kendall de 0.97, seguido de Jalisco y Querétaro con 0.96; mientras que los estados de Nayarit, Tamaulipas y Sonora presentan una tendencia ascendente con una intensidad muy baja en el incremento de la tasa de morbilidad.

**Figura 4. Distribución espacial de la tendencia de la tasa de morbilidad por COVID-19 al 31 de enero, 2021**



Fuente: Elaboración propia, Secretaría de Salud, 2020 y 2021.

Por otra parte, 34.37% no presentaron una tendencia consistente y tampoco significativa, por lo que se tuvo que aceptar la hipótesis nula señalando que no existe una tendencia en la serie, tal es el caso de Guerrero, Chiapas, Campeche y Quintana Roo, por mencionar algunos. Si bien el estado de Chihuahua hasta el 31 de enero de 2021 ocupó el segundo lugar con mayor tasa de morbilidad, presenta una variación irregular debido a que no muestra un patrón gradual y consistente.

En cuanto a la tendencia por mortalidad, 18 de 32 estados presentaron una tendencia ascendente y significativa (figura 5), siendo Querétaro el principal estado con un Tau de Kendall de 0.90, representando una intensidad de incremento muy alto en la tasa de mortalidad, y que, a pesar de haber registrado una TM moderada en estos meses, su serie de tiempo se caracteriza por tener el patrón gradual y consistente, es decir, la línea de tendencia aumenta o disminuye a un ritmo constante.

Figura 5. Distribución espacial de la tendencia de la tasa de mortalidad por COVID-19 al 31 de enero, 2021



Fuente: Elaboración propia con base en datos obtenidos de la Dirección General de Epidemiología perteneciente a la ss, 2020 y 2021.

Los estados que presentan una tendencia ascendente con una intensidad de incremento baja, son Colima con un Tau de Kendall de 0.44, Sonora y el Estado de México con 0.45. Pese a que Chihuahua y la CDMX registraron las mayores tasas de mortalidad por COVID-19, estos presentan una intensidad baja en el aumento de la tasa; a diferencia de Durango que tiene una  $T_M$  baja, pero una intensidad muy alta, lo que significa que aun teniendo bajas tasas de mortalidad, estas se han incrementado de manera constante a través del tiempo.

En contraste de lo antes mencionado, 14 estados no presentaron una tendencia consistente ni significativa, por lo que se acepta la hipótesis nula argumentando que son variables aleatorias, independientes e igualmente distribuidas, por lo que no existe una tendencia debido a que carece de un patrón gradual y consistente.

## CONCLUSIONES

La pandemia del coronavirus (COVID-19) a un año de haberse registrado el primer caso sigue siendo un grave problema de salud pública y desafío al sistema de salud en México y el mundo, debido a la rápida propagación de contagios, la insuficiente infraestructura de salud y la falta de conciencia por parte de la población para acatar las medidas de salud necesarias, propiciando el aumento de defunciones.

A pesar de las diversas medidas implementadas por parte del gobierno de México, la propagación de los contagios durante un año sigue siendo alto, así como la letalidad entre la población, esto se debe, en parte, al escepticismo de la gente y al realizar reuniones o fiestas sin protección. Asimismo, existe población que tiene la necesidad de salir a trabajar y esto se refleja en el aumento de casos en aquellos estados donde se encuentran los mayores flujos de movilidad de personas y mercancías como es el caso de la Ciudad de México, Jalisco y Nuevo León.

Con la presencia de la COVID-19 en México se ha mostrado que su manejo no fue el adecuado, en este momento sigue ocupando el tercer lugar por la mortalidad, con una tasa alta de letalidad, y los contagios son numerosos cada día, esto debido a la falta de pruebas y la negligencia para contener el problema con rapidez; hasta el mes de enero de 2021 se abrieron áreas públicas por parte del gobierno para realizar las pruebas; a casi un año del inicio de la pandemia en el país, ésta sigue presente, no se sabe cuándo terminará, ya es parte de la cotidianidad y lo que se tiene son dudas,

pocas respuestas y no se sabe el impacto real en la salud, por las secuelas que deja el virus y que debe atenderse en forma inmediata, así como el aspecto socioeconómico que ha resistido mucho tiempo de encierro.

En este sentido, el estudio vislumbró que el comportamiento espacio temporal de la pandemia por COVID-19 a un año, presenta una variabilidad en el tiempo y espacio, y la metodología empleada identificó aquellos territorios vulnerables donde los casos y la mortalidad siguen incrementándose a un ritmo acelerado. Dicho lo anterior, de acuerdo con Villerías y Juárez (2020), espacializar los problemas de salud y reconocer los territorios vulnerables con base en las características de la población, permitirá implementar y ejecutar acciones más estrictas en las entidades con tendencia ascendente y con una intensidad muy alta a la morbimortalidad por COVID-19, con la finalidad de tratar de minimizar los contagios y mortalidad por coronavirus.

## REFERENCIAS

- Araujo, R. (2015). Vulnerabilidad y riesgo en salud: ¿dos conceptos concomitantes? *Novedades de Población. Centro de Estudios Demográficos*, XI (210), pp. 89-96.
- Balerozo-López, G. (2018). Sociología médica: origen y campo de acción. *Rev. Salud pública*, 20(2), pp. 265-270. Doi.org/10.15446/rsap.V20n2.46430
- Castro, M. y Carvajal, Y. (2010). Análisis de tendencia y homogeneidad de series climatológicas. *Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente*, 9, pp. 18. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/2311/231116434002.pdf> [Consultado el 4 de enero de 2021].
- Díaz, F., et al. (2010). Prevención de riesgos en poblaciones vulnerables. En L. Galvão, et al. (coords.), *Determinantes ambientales y sociales de la salud*. México: Organización Panamericana de la Salud, pp. 139-153.
- Dong, E. y Gardner, L. (2020). An interactive web-based dashboard to track COVID-19 in real time. *Lancet Inf Dis*, 20 (5), pp. 533-534.
- Gilbert, R. (1987). *Statistical Methods for Environmental Pollution Monitoring*. New York: Van Nostrand Reinhold Company. Disponible en: <https://www.osti.gov/servlets/purl/7037501;Statistical>. [Consultado el 4 de enero, 2021].
- Helsel, D. y Hirsch, R. (1992). *Statistical Methods in Water Resources Elsevier*. Disponible en: <https://www.elsevier.com/books/statistical-methods-in-water-resources/helsel/978-0-444-88528-9> [Consultado el 28 de diciembre de 2020].
- INEGI (2020). Censo de población y vivienda 2020, México: INEGI. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#Tabulados>. [Consultado el 4 de enero, 2021].
- Iñiguez, L. (1998). Geografía y salud: Temas y perspectivas en América Latina. *Cad. Saúde Pública*, 14 (4), pp. 701-711.
- Jori, G. (2013). El estudio de la salud y la enfermedad desde una perspectiva geográfica: Temas, enfoques y métodos. *Revista bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*, XVIII (1029) Disponible en: <http://www.ub.edu/geocrit/b3w-1029.htm> [Consultado el 28 de diciembre de 2020].
- Litva, A. y Eyles, J. (1995). Coming out: exposing social theory in medical geography. *Health & Space*, 1 (1), pp. 5-14.
- Morales-Borrero, C.; Borde, E.; Eslava - Castañeda, J.C.; Concha – Sánchez, S. (2013). ¿Determinación social o determinantes sociales?: Diferencias conceptuales e implicaciones praxiológicas. *Revista de Salud Pública*, 15(6), [en línea]. Disponible en <https://www.scielosp.org/pdf/rsap/2013.v15n6/810-813/es>. [Consultado el 28 de diciembre de 2020].

- Mann, H. (1945). Nonparametric tests against trend. *Econometrica*, 13, pp. 245-259.
- Méndez, R. (2020). *Sitiados por la pandemia. Del colapso a la reconstrucción: apuntes geográficos*. Madrid: Revives.
- Santana, G., *et al.* (2020). Tendencia de la mortalidad por enfermedades cardiovasculares en la población adulta mayor de las Zonas Metropolitanas con menos de 150,000 habitantes [en línea]. En M. Santana, *et al.* (coords.) *Ordenación territorial: una revisión desde los objetivos de desarrollo sostenible*, México: Universidad Autónoma del Estado de México, pp. 245-261. Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Giovanna-Santana-Castaneda/publication/349831238\\_Ordenacion\\_Territorial\\_Una\\_revision\\_desde\\_los\\_objetivos\\_de\\_desarrollo\\_sostenible/links/6042bb88a6fdcc9c7816388e/Ordenacion-Territorial-Una-revision-desde-los-objetivos-de-desarrollo-sostenible.pdf#page=245](https://www.researchgate.net/profile/Giovanna-Santana-Castaneda/publication/349831238_Ordenacion_Territorial_Una_revision_desde_los_objetivos_de_desarrollo_sostenible/links/6042bb88a6fdcc9c7816388e/Ordenacion-Territorial-Una-revision-desde-los-objetivos-de-desarrollo-sostenible.pdf#page=245) [Consultado el 4 de enero 2021].
- Secretaría de Salud (2021). Casos confirmados a enfermedad por COVID-19 Disponible en: <https://www.gob.mx/salud/documentos/datos-abiertos-152127> [Consultado el 4 de enero 2021].
- Secretaría de Salud (2020). Casos confirmados a enfermedad por COVID-19 [en línea]. Disponible en: <https://www.gob.mx/salud/documentos/datos-abiertos-152127> [Consultado el 4 de enero 2021].
- Velasco, G. (2021). *Determinantes socioeconómicos y ambientales de la salud de la población del municipio de Lolotla, Hidalgo, 2000-2013*. Maestría: UNAM.
- Villerías, I. y Juárez, M. (2020). México: las enfermedades crónico-degenerativas (diabetes mellitus e hipertensión) y la vulnerabilidad ante el COVID-19 *Posición*, 3, pp. 1-15. Disponible en: [https://716132a6-9cf5-45debaee6a15e46210f7.filesusr.com/ugd/df634b\\_78a496c95da44c4f8254a2b062088c70.pdf](https://716132a6-9cf5-45debaee6a15e46210f7.filesusr.com/ugd/df634b_78a496c95da44c4f8254a2b062088c70.pdf) [Consultado el 4 de enero 2021].
- Villerías, I. y Santana, G. (2021). Evolución espacial de la tasa de mortalidad materna en Guerrero, 1990-2015. En S. Villerías y G. Nochebuena (coords.), *Procesos territoriales: un enfoque multidisciplinario*, Buenos Aires: Lugar Editorial, pp. 143-163.
- Yue, S., *et al.* (2002). Power of the Mann-Kendall and Spearman 's test for detecting monotonic trends in hydrological series. *Journal of Hydrology*, 254, pp. 254-271. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022169401005947> [Consultado el 29 de diciembre de 2020].

# VULNERABILIDAD



# DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA VULNERABILIDAD ANTE COVID-19 EN LOS MUNICIPIOS DE LA CUENCA DEL RÍO LUJÁN. METODOLOGÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN CUANTITATIVA DE UN ÍNDICE SINTÉTICO DE VULNERABILIDAD

*Eloy Montes Galbán\**

## RESUMEN

Este capítulo presenta una metodología para el abordaje de la vulnerabilidad desde la perspectiva del análisis espacial cuantitativo con Sistemas de Información Geográfica (SIG). Se propone una estrategia metodológica de tipo aditiva/ponderada que permite la construcción de un índice sintético de vulnerabilidad a través de la integración de factores que componen la vulnerabilidad ante COVID-19. Como resultado principal se obtuvo una cartografía sintetizada con la distribución espacial de los diferentes grados de vulnerabilidad ante COVID-19 en los municipios de la cuenca del río Luján. Los aportes de los estudios geográficos sobre vulnerabilidad son fundamentales para soportar la toma de decisiones y conducir las acciones en el territorio de manera focalizada, sumando de este modo una herramienta de alto valor geoestratégico.

Palabras clave: Análisis espacial cuantitativo, Índice Sintético de Vulnerabilidad, Sistemas de Información Geográfica, COVID-19, cuenca del río Luján.

## ABSTRACT

This chapter presents a methodology for addressing vulnerability from the perspective of quantitative spatial analysis with Geographic Information Systems (GIS). It is proposed an additive weighting methodological strategy that allows the construction of a synthetic index of vulnerability through the integration of factors

---

\* emontesgalban@gmail.com/elothead@yahoo.com Universidad Nacional de Luján. Instituto de investigaciones geográficas. Argentina

That make up vulnerability to COVID-19. As the main result, it was obtained a synthesis mapping which shows the spatial distribution of the different degrees of vulnerability to COVID -19 in the municipalities of the Lujan river basin. The contributions of geographic studies on vulnerability are essential to support making decision and conduct actions in the territory in a focused manner, thus adding a tool of high geostrategic value.

Keywords: Quantitative spatial analysis, Synthetic Index of Vulnerability, Geographic Information Systems, COVID-19, Lujan river basin.

## INTRODUCCIÓN

Los abordajes de la vulnerabilidad desde la Geografía cuantitativa con fines aplicados permiten anticipar las potenciales afectaciones con respecto a una amenaza y sus consecuentes manifestaciones espaciales. La información geográfica oportuna y confiable de las áreas más vulnerables es fundamental al momento de tomar decisiones sobre dónde aumentar la capacidad de atención en un territorio determinado, facilitando las labores de planificación y gestión, antes, durante y después de un evento de desastre.

En el presente documento se considera la pandemia por COVID-19 y sus efectos en términos de desastre sanitario y socioeconómico, los cuales se originan a partir de una amenaza biológica de tipo viral (virus SARS-CoV-2) y la enfermedad asociada.<sup>1</sup>

El 3 de marzo de 2020 se confirma el primer caso por COVID-19 en Argentina (Ministerio de Salud de la Nación, 2020), a un año del primer caso<sup>2</sup> se registraron 2 126 531 personas contagiadas en todo el territorio nacional (Ministerio de Salud de la Nación, 2021b). El área comprendida por los municipios de la cuenca del río Luján representa una de las regiones del país con grandes zonas de alta vulnerabilidad social (Montes, 2019) y donde se manifestaron de forma casi inmediata los efectos de la pandemia por COVID-19. Esto se debe, entre otras causas, a que varios de

<sup>1</sup> En la Provincia de Buenos Aires los departamentos censales se denominan partidos y coinciden espacialmente con los municipios (áreas de gobierno local). Esto no es así en todas las provincias de la República Argentina.

<sup>2</sup> Reporte diario vespertino del 3 de marzo de 2021.

sus municipios forman parte del Aglomerado Gran Buenos Aires (AGBA), mientras que los municipios restantes presentan una alta conectividad espacial a través de las principales redes de transporte (ferroviaria, autopistas y rutas), lo cual ha contribuido a que el proceso de difusión espacial de la enfermedad se produzca con mayor rapidez en toda la región.

El presente trabajo propone una estrategia metodológica de carácter cuantitativo para la construcción de un índice sintético de vulnerabilidad (estrategia aditiva / ponderada) a través de la integración de factores que componen la vulnerabilidad ante la COVID-19. Los principales resultados se presentan en forma de cartografía sintetizada que dan cuenta de la distribución espacial de los diferentes grados de vulnerabilidad ante la pandemia de la COVID-19 en los municipios de la cuenca del río Luján.

### *Objetivo general*

Determinar la distribución espacial de la vulnerabilidad ante COVID-19 en los municipios de la cuenca del río Luján.

### *Objetivos específicos*

Identificar la distribución espacial de las condiciones de vida de la población que aumentan la susceptibilidad ante COVID-19.

Identificar la distribución espacial de las capacidades de prevención y respuesta para hacer frente a la COVID-19.

Determinar la distribución espacial de la vulnerabilidad ante COVID-19 mediante el cálculo de un Índice Sintético de Vulnerabilidad (ISV).

## MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL

*Geografía y COVID-19*

Los estudios geográficos pueden tener dos orientaciones bien definidas, aquellas que apuntan a la obtención de un cuerpo de conocimientos racionales y sistemáticos (Geografía como ciencia pura) y los que buscan aplicar esos conocimientos en la resolución de problemas prácticos que generen acciones tendientes a cambiar la realidad geográfica (Geografía aplicada), en ambas situaciones la disciplina puede realizar valiosos aportes con miras a la planificación y gestión del territorio, que sirva para afrontar con inteligencia espacial situaciones como la actual pandemia por COVID-19 así como potenciales amenazas de futuros virus.

En una reflexión sobre la COVID-19 y los aspectos teóricos de la Geografía, Buzai concluye:

Queda claro que la pandemia del Covid-19 es una realidad objetiva y que existe independientemente de cómo se la piense. Por lo tanto, los métodos de resolución no se encuentran basados en aspectos críticos o perceptivos sino a partir de aspectos racionalistas y cuantitativos-sistémicos como perspectivas que puede abordar cuestiones concretas en una perspectiva espacial y, de esta manera, aportar a la búsqueda de soluciones desde un punto de vista multidisciplinario (2020, p 20).

Partiendo de la consideración anterior, el presente trabajo se fundamenta en los supuestos epistemológicos del materialismo sistémico (Bunge, 2014), logrando su operatividad a través de la Geografía aplicada, sus métodos y técnicas, que se basa actualmente en el análisis espacial cuantitativo con SIG y su focalización es empírica (Buzai, 2020).

Asimismo, se parte de experiencias desarrolladas en dos campos de estudios geográficos bien definidos. En primer lugar, la Geografía de la salud, a la cual se considera una rama integral de la Geografía, que estudia el comportamiento espacio temporal de las enfermedades, la mortalidad, los vectores causantes de las enfermedades, y los sistemas de salud, así como sus relaciones con factores condicionantes de la salud, locales y globales geográficos, ambientales, epidemiológicos, socioeconómicos, culturales, políticos y de la población y los lugares (Santana y Montes, 2019).

En segundo lugar, los estudios de la vulnerabilidad en la Geografía, que en actuales investigaciones sobre el tema aborda el conocimiento de los procesos físicos y sociales, así como las variaciones espaciales y temporales en el proceso y en los resultados que afectan a la vulnerabilidad de los hogares y las personas (Foschiatti, 2009). Para lograr un abordaje de la vulnerabilidad desde la Geografía, Principi afirma que se debe considerar:

[...] el espacio geográfico como el escenario donde la vulnerabilidad se hace evidente a partir de analizar las distribuciones espaciales de variables de índole social y económica que afectan la capacidad que tiene la población para enfrentar la ocurrencia o probabilidad de ocurrencia de algún peligro y la posibilidad de recuperación, y que pueden ser modificables a partir de mejoras en la calidad de vida (2020, p 4).

Con el objetivo de explicar la pertinencia y potenciales aplicaciones de disciplinas científicas como la Geografía en el caso de una situación de desastre sanitario y socioeconómico, se parte de la reflexión realizada por David Quammen (2021), quien afirma que para enfrentar situaciones como la actual pandemia se requiere voluntad política, cooperación comunitaria, y configurar estructuras y sistemas para detectar derrames y brotes tempranos y luego controlarlos, solo así, posiblemente pueda evitarse que el próximo brote se convierta en pandemia, para lo cual propone, entre otras cosas, crear redes globales de vigilancia.

Es claro que para el logro de estos macro-objetivos que involucran procedimientos de diagnóstico, vigilancia y respuesta a diferentes escalas, se requiere de la participación de especialistas de muchas disciplinas. Los geógrafos, a través de las herramientas que le brinda actualmente la Geografía científica, contribuyen en gran medida a la concreción de los objetivos antes mencionados. La incorporación de las tecnologías digitales, que actualmente facilitan el uso combinado entre Tecnologías de la Información Geográfica y Telecomunicaciones, permiten alcanzar de forma oportuna, la producción, gestión y difusión de información geográfica bajo altos estándares científicos sobre la que se puede soportar la planificación y gestión territorial, mejorando de este modo la calidad de vida y permitiendo disminuir el número de víctimas fatales bajo una situación de desastre (Montes, 2020).

### *Nociones de la gestión del riesgo de desastre y Covid-19*

En esta sección se presentan los conceptos vinculados al análisis de la vulnerabilidad, que para los efectos del presente trabajo sirvieron como marco de referencia. Se utiliza la terminología propuesta por la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastre (UNISDR, 2016). Asimismo, se consideraron algunos de las reflexiones tratadas en los documentos “La construcción social de la pandemia COVID-19: desastre, acumulación de riesgos y políticas públicas” (Lavell, *et al.*, 2020) y “El COVID-19: Relaciones con el riesgo de desastres, su concepto y gestión” (Lavell y Lavell, 2020), en ambos trabajos analizan y discuten cómo el marco conceptual de la Gestión del Riesgo de Desastres (GRD) para un escenario de desastres tradicional, puede ser asumido en el caso de la actual pandemia por COVID-19, destacando sus similitudes y diferencias.

Para los fines de este trabajo, se toman en cuenta aquellos elementos de la GRD que aportan en la construcción de un marco teórico-conceptual en el estudio de la pandemia con un enfoque espacio-temporal.

En este contexto la primera pregunta que surge es: ¿Se puede considerar la pandemia COVID-19 un desastre? De acuerdo con Lavell y Lavell la respuesta a esta interrogante es afirmativa:

Si consideramos la definición de desastre como una interrupción grave de la rutina, el funcionamiento diario de una sociedad, debido al impacto de un evento físico-material o biológico adverso, entonces la COVID-19 y la pandemia asociada califican como un desastre expresado y sufrido a escala global, nacional, regional y local (2020, p 11).

Partiendo de la afirmación anterior, es posible asumir como hilo conductor en el estudio y conocimiento del riesgo asociado con el virus y la pandemia, la aplicación de la fórmula de riesgo de desastre y sus componentes: riesgo = amenaza\*exposición\*vulnerabilidad (Lavell y Lavell, 2020).

Donde el riesgo de desastres se define como:

[La] posibilidad de que se produzcan muertes, lesiones o destrucción y daños en bienes en un sistema, una sociedad o una comunidad en un periodo concreto, determinados de forma probabilística como una función de la amenaza, la exposición, la vulnerabilidad y la capacidad (UNISDR, 2016).

La amenaza se define como un “proceso, fenómeno o actividad humana que puede ocasionar muertes, lesiones u otros efectos en la salud, daños a los bienes, disrupciones sociales y económicas o daños ambientales” (UNISDR, 2016). Haciendo foco en el problema analizado, se hace referencia a una amenaza de tipo biológica<sup>3</sup> constituida por el virus SARS-CoV-2 y la enfermedad que genera la denominada COVID-19. Lavell, Mansilla, Maskrey y Ramírez aseguran que la amenaza, en este caso, “se refiere al desarrollo potencial de una epidemia, causada por un virus específico, que tiene ciertas características, incluida la velocidad de propagación, la forma en que afecta a los humanos y los términos de incubación, desarrollo y desaparición” (Lavalle, *et al.* 2020, p 5).

El segundo componente de la ecuación de riesgo es la “exposición”, la cual se define como la localización y extensión donde se encuentran las personas, infraestructuras, viviendas, capacidades de producción y otros activos humanos tangibles situados en zonas expuestas a amenazas (UNISDR, 2016). En el caso de la COVID-19, a diferencia de los eventos de amenaza más tradicionales (terremotos, inundaciones o accidentes tecnológicos) que tienen influencias espaciales variadas pero limitadas territorialmente, la exposición al virus no tiene límites espaciales establecidos o fijos, ya que los brotes virales tienen “exposiciones en movimiento” y pueden afectar e impactar a la población en cualquier parte del mundo (Lavell y Lavell, 2020). Por tanto, el grado de exposición en este caso está sujeto al tiempo que sobrevive el virus fuera de un huésped y a las acciones humanas que determinan su movimiento y transmisión.

El tercer componente de la ecuación de riesgo lo representa la “vulnerabilidad”, siendo este elemento el punto central de la presente investigación. La vulnerabilidad queda definida como las “condiciones determinadas por factores o procesos físicos, sociales, económicos y ambientales que aumentan la susceptibilidad de una persona, una comunidad, los bienes o los sistemas a los efectos de las amenazas” (UNISDR, 2016).

---

<sup>3</sup> Las amenazas biológicas son de origen orgánico o transmitidas por vectores biológicos, como microorganismos patógenos, toxinas y sustancias bioactivas. Algunos ejemplos son bacterias, virus o parásitos [...]” (UNISDR, 2016).

Para los subsiguientes puntos desarrollados en el trabajo se partió de la noción de vulnerabilidad desarrollada por Cannon (1994), quien la clasifica en tres componentes: vulnerabilidad en los sistemas de vida; vulnerabilidad en los aspectos de autoprotección; y vulnerabilidad en los aspectos de protección social. El primer componente de la vulnerabilidad tiene que ver con los sistemas de vida de los individuos o grupos humanos y su nivel de resistencia ante el impacto de un riesgo; el segundo, se relaciona con el nivel de preparación y el grado de protección que puede lograr un individuo o grupo humano frente al riesgo y; el último corresponde con el nivel de defensa otorgado por el estado u otras instituciones (Foschiatti, 2009).

El índice de vulnerabilidad propuesto en el apartado metodológico toma en consideración dos de los tres componentes de la vulnerabilidad antes descritos, por un lado, aquel que considera los aspectos de la vulnerabilidad en los sistemas de vida, es decir, las “condiciones de vida de la población”; y, por otro, la vulnerabilidad en los aspectos de protección social, que corresponde a las medidas tomadas por el Estado, en este caso para hacer frente a la pandemia, que para los efectos se denominó “capacidad de prevención y respuesta”.<sup>4</sup>

## MARCO METODOLÓGICO

### *Descripción del área de estudio*

El área de estudio se basa en la definición espacial de la cuenca del río Luján realizada por Buzai (2002), y actualizada en el trabajo de Lanzelotti y Buzai (2015) comprende una superficie de 3,778 km<sup>2</sup>, desde un punto de vista político-administrativo se encuentra en la provincia de Buenos Aires, contenida en 16 unidades espaciales (Buzai y Baxendale, 2017) que corresponden a los partidos, los cuales tienen coincidencia

---

<sup>4</sup> En la terminología propuesta por UNISDR la “capacidad” se define como la “combinación de todas las fortalezas, los atributos y los recursos disponibles dentro de una organización, comunidad o sociedad que pueden utilizarse para gestionar y reducir los riesgos de desastres y reforzar la resiliencia” (2016, p.12).

espacial con los municipios.<sup>5</sup> El área tiene una población total de 2 570 839 habitantes según datos del último Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas del año 2010 (INDEC, 2015a).

Es importante destacar que el recorte del área de estudio se realiza respetando los límites político-administrativos a nivel de partido, principalmente porque la información estadística de las variables demográficas y sociales se presentan a partir de los diferentes niveles de desagregación político-administrativo del país; por otro lado, gran parte de las tareas de planificación y gestión territorial está a cargo de los municipios de la cuenca, que como se mencionó antes, coinciden espacialmente con los partidos; al presentar los análisis y resultados dentro de este marco territorial se facilitan las tareas de toma de decisiones por parte de los organismos de decisión del Estado.

### *Selección de dimensiones e indicadores*

Los criterios que se tomaron en cuenta para la selección de las dimensiones e indicadores tienen que ver, por un lado, con la pertinencia y funcionalidad, para lo cual fue necesario un análisis previo de los aspectos conceptuales relacionados con la problemática objeto de estudio; por otro, con la disponibilidad y confiabilidad de la información, lo cual tiene que ver con la existencia y procedencia de los datos.

Como se observa en el cuadro 1, las dimensiones y sus respectivos indicadores se agruparon en función de dos componentes de la vulnerabilidad, el primer grupo se compone de diez (10) indicadores que miden las condiciones de vida de la población que aumentan su susceptibilidad a enfermarse de COVID-19 y; el segundo, tres (3) indicadores que permiten medir la capacidad de prevención y respuesta por parte de organismos del Estado para hacer frente a la COVID-19. Los componentes de la vulnerabilidad antes mencionados para efectos metodológicos se pasarán a denominar factores de la vulnerabilidad. En la cuarta columna del cuadro 1 se presenta una descripción de la importancia de cada dimensión e indicadores en la medición de la vulnerabilidad ante COVID-19.

---

<sup>5</sup> Campana, Carmen de Areco, Chacabuco, Escobar, Exaltación de la Cruz, General Rodríguez, José C. Paz, Luján, Malvinas Argentinas, Mercedes, Moreno, Pilar, San Andrés de Giles, San Fernando, Suipacha y Tigre.

Cuadro 1. Dimensiones e indicadores de la vulnerabilidad ante Covid-19

Componentes de la vulnerabilidad (Factores)	Dimensiones	Indicadores	Importancia	
Condiciones de vida de la población (Factor de vulnerabilidad 1)	Demográfica	Densidad de población	A mayor densidad y concentración de población, mayor probabilidad de contagio y número de casos positivos. Las personas de 65 años y más, se encuentran dentro de la población de riesgo, ya que pueden desarrollar una forma grave de la enfermedad.	
	Educación	Porcentaje de población de 65 años y más	Las deficiencias educativas en la población como los altos niveles de analfabetismo implican una baja capacidad de resiliencia. Asimismo, se traducen en la disminución de las posibilidades de desarrollo y promoción social que luego inciden en otros aspectos de las condiciones de vida.	
		Porcentaje de población que nunca asistió a un establecimiento educativo	Se considera que a medida que la proporción de población desocupada es mayor, las personas y hogares son más vulnerables por tener menor capacidad para resistir y recuperarse ante un desastre.	
	Económica	Porcentaje de población desocupada	Las condiciones de necesidades básicas insatisfechas inciden en la capacidad de mitigación y recuperación. Asimismo, el hacinamiento indica una mayor concentración de personas, facilitando el contagio y, en caso de estar enfermo, alguno de los miembros del hogar, la imposibilidad de aislarse.	
	Pobreza	Porcentaje de hogares con NBI	Las dificultades en la eficacia de los servicios básicos van a incidir directamente en las condiciones sanitarias dentro del hogar. Las aguas residuales en el medio ambiente sin tratamiento o tratamiento adecuado, plantea graves riesgos para el medio y la salud humana, ya que las comunidades están expuestas a aguas contaminadas que contienen bacterias y virus, incluido el que genera la COVID-19.	
		Porcentaje de hogares con más de tres personas por cuarto	Es un indicador de la conectividad de la población y sus actividades, en este caso se puede tomar como referencia que aumenta la susceptibilidad ante la Covid-19, a mayor densidad vial, mayor tránsito de personas y mayor probabilidad de contagio.	
	Habitacional	Porcentaje de hogares con agua fuera del terreno	Porcentaje de hogares con desagüe hoyo	
		Densidad vial		
	Redes de conectividad			

Continúa...

Capacidad de prevención y respuesta ( <i>Factor de vulnerabilidad 2</i> )	Recursos sanitarios y accesibilidad	Camas hospitalarias habitantes	1000	Los recursos sanitarios considerados tienen que ver con la infraestructura de salud y la proporción de personas ocupadas en el ámbito sanitario de cada municipio. Cuando se evalúa la vulnerabilidad de la población ante una amenaza biológica, esta dimensión es de suma importancia ya que refleja la accesibilidad espacial de la población a los servicios de salud y la capacidad de atención de las unidades médicas en un territorio determinado.
---	--	-----------------------------------	------	--

Fuente: Elaboración propia con base en PNUMA (2021); Buzai y Montes (2020); Villertás, et al. (2020); Suárez, et al. (2020a y 2020b); Renda, et al. (2017) y Ramírez (2009).

### *Fuente de datos*

Los datos primarios utilizados en la investigación provienen de tres fuentes. La primera está referida a datos en formato *shapefile* (SHP) provenientes del banco de datos abiertos del Instituto Geográfico Nacional de la República Argentina (IGN, 2020); la segunda, corresponde a los datos sociodemográficos y habitacionales disponibles en los resultados del último Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas del año 2010, los cuales fueron consultados y descargados desde la plataforma oficial del Instituto Nacional de Estadística y Censos de la República Argentina a través de la Base de Datos *Redatam+Sp* en su cuestionario básico y ampliado (INDEC, 2015a; 2015b).

Asimismo, se descargó desde el sitio oficial del organismo la capa de radios censales<sup>6</sup> (INDEC, 2015c); la tercera fuente consultada corresponde al Sistema Integrado de Información Sanitaria Argentino (Ministerio de Salud, 2021), desde el cual se obtuvieron datos sobre recursos sanitarios (camas hospitalarias) por municipio.

### *Procesamiento de los datos*

Los procedimientos estadísticos, de análisis espacial y salidas cartográficas finales se realizaron en el *software QGIS versión 3.18.1-Zürich* (QGIS Development Team, 2020). El tratamiento realizado a los datos se agrupa y resume en cinco fases procedimentales descritas a continuación:

---

<sup>6</sup> De acuerdo con el INDEC (2015c) las fracciones y radios son unidades censales, que forman parte de la estructura de relevamiento censal, definidas por un espacio territorial con límites geográficos y una determinada cantidad de unidades de viviendas a relevar. Cada unidad político-administrativa se desagrega en fracciones y cada una de ellas se desagrega a su vez en radios. Los radios en áreas urbanas se determinan según la cantidad de viviendas, conteniendo dentro de sus límites un promedio de 300.

### Construcción de indicadores

La primera fase del procesamiento consistió en la elaboración de una Matriz de Datos con los Indicadores (MDI) a partir de una Matriz de Datos Originales (MDO). Se calcularon trece indicadores de acuerdo con las fórmulas descritas en el cuadro 2.

**Cuadro 2. Cálculo de indicadores**

<i>Componentes de la vulnerabilidad (Factores)</i>	<i>Indicadores</i>	<i>Fórmula de cálculo</i>
<i>Condiciones de vida de la población (Factor de la vulnerabilidad 1)</i>	Densidad de población	$\text{Población total} / \text{Superficie del municipio en kilómetros cuadrados.}$
	Porcentaje de población de 65 años y más	$(\text{Población de 65 años y más} / \text{Población total}) * 100$
	Porcentaje de población que no sabe leer y escribir	$(\text{Población que no sabe leer y escribir} / \text{Población total}) * 100$
	Porcentaje de población que nunca asistió a un establecimiento educativo	$(\text{Población que nunca asistió a un establecimiento educativo} / \text{Población total}) * 100$
	Porcentaje de población desocupada	$(\text{Población desocupada} / \text{Población total}) * 100$
	Porcentaje de hogares con NBI	$(\text{Hogares con NBI} / \text{Total de hogares}) * 100$
	Porcentaje de hogares con más de tres personas por cuarto	$(\text{Hogares con más de tres personas por cuarto} / \text{Total de hogares}) * 100$
	Porcentaje de hogares con agua fuera del terreno	$(\text{Hogares con agua fuera del terreno} / \text{Total de hogares}) * 100$
	Porcentaje de hogares con desagüe hoyo	$(\text{Hogares con desagüe hoyo} / \text{Total de hogares}) * 100$
	Densidad vial	$\text{Kilómetros lineales de red vial} / \text{Superficie del municipio en kilómetros cuadrados.}$ La red vial analizada incluye: red primaria, secundaria y terciaria de cada municipio.

Continúa...

Capacidad de prevención y respuesta (Factor de la vulnerabilidad 2)

---

Camas hospitalarias cada 1000 habitantes	(Número de camas hospitalarias / Cantidad de habitantes) * 1000
Porcentaje de población en ocupaciones de salud y sanidad	(Población en ocupaciones de salud y sanidad / Población total) * 100
Accesibilidad geográfica a la infraestructura de salud	

$$A(G) = \sum_i^n \sum_j^n d_{ij}/n$$

Donde:  $A(G)$  es la accesibilidad geográfica;  $d_{ij}$  la distancia entre  $i$  y  $j$ , y  $n$  el número de localizaciones. La fórmula considera que la accesibilidad de un lugar es el resultado de la suma de todas las distancias entre cada localización a alcanzar, dividida entre el número de localizaciones, de modo que cuanto más reducido es el valor de accesibilidad de un lugar, más accesible resulta.

---

Fuente: Elaboración propia con base en Buzai y Montes (2020); López-Escolano y Pueyo-Campos (2019); Subsecretaría de Planificación Territorial de la Inversión Pública (2015).

### *Generación de puntajes de clasificación espacial*

El puntaje de clasificación espacial (PCE) es un procedimiento de análisis multivariado que se basa en la estandarización de las variables y su combinación para la generación de un puntaje resumen representado cartográficamente y el cual permite el análisis de la distribución espacial. En trabajos anteriores se ha demostrado su idoneidad y utilidad en la construcción de mapas sociales, tanto a escala urbana (Buzai y Montes-Galbán, 2020a) como regional (Montes-Galbán, 2019; Humacata y Montes-Galbán, 2019).

El procedimiento inicia a partir de la Matriz de Datos generada con los Indicadores (MDI), luego se realiza un proceso de estandarización de variables de la MDI mediante el cálculo del puntaje omega ( $\Omega$ ) (ecuación 1) que consiste en transformar los datos originales hacia un rango de 0 a 100 como valores extremos.

Ecuación 1. Cálculo del puntaje omega

$$\Omega = \left( \frac{\mathcal{X}_i - \mathcal{X}_m}{\mathcal{X}_M - \mathcal{X}_m} \right) \times 100$$

Donde  $\mathcal{X}_i$  es la medición para la unidad espacial de rango  $i$ ;  $\mathcal{X}_m$  es el valor mínimo del conjunto de datos y  $\mathcal{X}_M$  es el valor máximo del conjunto de datos, por último, este resultado es multiplicado por 100, para ser llevados sus valores originales entre 0 y 100 y facilitar así su interpretación. En este caso, por las características del índice propuesto el cual busca medir la vulnerabilidad en la mayoría de los indicadores, las unidades espaciales con peores situaciones tenderán a 100 (mayor vulnerabilidad) y las que se encuentran en mejores situaciones tenderán a 0 (menor vulnerabilidad).

En los casos particulares de los indicadores denominados “Camas hospitalarias cada 1 000 habitantes” y “Porcentaje de población en ocupaciones de salud y sanidad” por las características de las variables, es decir, por tratarse de variables que en sus máximos valores representan situaciones favorables, se procedió a aplicar la ecuación 2 para invertir los valores del puntaje omega, esto permitió invertir el sentido de la escala, de forma que los valores estén en el mismo sentido que el resto de los indicadores de vulnerabilidad y poder combinarlos en conjunto.

Ecuación 2. Puntaje omega inverso

$$\Omega(inv) = (100 - \Omega)$$

A partir de esta estandarización se realizan puntajes de clasificación espacial para cada componente de la vulnerabilidad (factores), por un lado, el componente referido a las condiciones de vida de la población (factor de vulnerabilidad 1), por el otro, los aspectos relacionados con las capacidades de prevención y respuesta (factor de vulnerabilidad 2). El procedimiento consiste en sumar los puntajes estandarizados obtenidos para cada indicador y dividir el resultado por la cantidad de indicadores utilizados, como se muestra en la ecuación 3.

## Ecuación 3. Puntaje de clasificación espacial por factor de vulnerabilidad

$$PCE_F = \frac{\Sigma(I_F)}{n}$$

Donde:  $PCE_F$  es el puntaje de clasificación espacial para cada factor de vulnerabilidad (se calcula para el factor 1 y 2 por separado);  $\Sigma(I_F)$  es la sumatoria de los puntajes estandarizados obtenidos para cada indicador; ( $n$ ) es la cantidad de indicadores utilizados.

Se considerarán los puntajes de clasificación espacial de los factores de vulnerabilidad 1 y 2, resoluciones individuales que llevan a obtener dos mapas síntesis (Buzai y Montes-Galbán, 2020a), para lo cual fue necesario estandarizar los resultados nuevamente a través de la ecuación 1 y luego clasificarlos en grados de vulnerabilidad de acuerdo con los rangos presentados en el cuadro 4.

En este caso, por tratarse de un índice de vulnerabilidad, el puntaje de clasificación espacial obtenido para cada unidad espacial es una síntesis del comportamiento de cada indicador (Buzai y Montes-Galbán, 2020a) y su interpretación indica que la situación presenta mayor vulnerabilidad cuanto más cercana a 100 se encuentra, mostrándose con los colores más oscuros en los mapas las áreas en situación más críticas y los más claros en la situación contraria.

*Ponderación de los factores de la vulnerabilidad*

Para la asignación de pesos a los factores de la vulnerabilidad se seleccionó el Método por Ranking Recíproco (*Rank Reciprocal Method*)<sup>7</sup> –debido a su simplicidad de cálculo y a la efectividad demostrada si se le compara con métodos similares (Buzai y Baxendale, 2011), su aplicación se realiza a través de la ecuación 4.

<sup>7</sup> Existen varios métodos y formas de proceder para la asignación de pesos, muchos de los cuales se han aplicado de manera satisfactoria en los estudios geográficos sobre vulnerabilidad, algunos métodos son de asignación indirecta, como por ejemplo, el Análisis Jerárquico de Saaty, basado en comparaciones binarias de los criterios (Ramírez, 2007) y otros, de asignación directa, donde dicha ponderación es generada por la opinión calificada de los expertos, basada en promedios geométricos (Robles, *et al.*, 2018) o mediante una Tasación simple (*rating methods*) (Gómez y Barredo, 2005).

Ecuación 4. Cálculo de ponderaciones por *ranking* recíproco

$$w_j = \frac{\frac{1}{r_j}}{\sum \frac{1}{r_j}}$$

Donde:  $w_j$  es el valor de ponderación otorgado a cada factor de la vulnerabilidad;  $r_j$  es el número de orden (*ranking*) que se le brinda a cada factor de la vulnerabilidad de acuerdo con su importancia.

En la primera columna del cuadro 3 se formula un *ranking* de importancia para cada factor de la vulnerabilidad, donde el factor más importante adquiere el valor 1, el segundo en importancia el valor 2 y, así sucesivamente, luego en la segunda columna se estandarizan los valores y, por último, cada valor proporcional se divide por el valor de sumatoria de las proporciones (Buzai y Baxendale, 2011).

En este caso, al factor de la vulnerabilidad referido a las “condiciones de vida de la población” se le asignó el valor de importancia 1, mientras que al factor de la vulnerabilidad referido a las “capacidades de prevención y respuesta” se le asignó el valor de importancia 3, esto quiere decir que el primer factor de la vulnerabilidad triplica en importancia al segundo.

Cuadro 3. Ponderaciones por el método *ranking* recíproco

<i>Componentes de la vulnerabilidad (Factores de la vulnerabilidad)</i>	<i>Ranking</i>	<i>Ranking recíproco</i>	<i>Ponderación</i>
Condiciones de vida de la población (Factor 1)	1	1	0,75
Capacidad de prevención y respuesta (Factor 2)	3	0,33	0,25
		1,33	1,00

Fuente: Elaboración propia con base en Buzai y Baxendale (2011); Malczewski (1999).

### *Integración de los factores de la vulnerabilidad*

Entre las técnicas utilizadas para la construcción de índices destacan aquellas que se clasifican como aditivas/ponderadas, una de las más empleadas es la Combinación

Lineal Ponderada (*Weinghted Linear Combination*), la cual ha sido probada de manera satisfactoria en estudios de vulnerabilidad social (García *et al.*, 2004; Cadena, 2019) y en las investigaciones sobre evaluación multicriterio (Gómez y Barredo, 2005).

En este caso, se eligió la Combinación Lineal Ponderada por ser una técnica sencilla e intuitiva que permite la integración de los diferentes componentes de la vulnerabilidad (factores 1 y 2). Su cálculo se logra a través de la ecuación 5.

Ecuación 5. Combinación lineal ponderada

$$I_i = \sum_{i=1}^n w_i x_i$$

Donde:  $I_i$  es el valor índice para la unidad espacial  $i$ ;  $w$  es la ponderación (peso) asignada a cada factor (componente de la vulnerabilidad);  $x$  factor de la vulnerabilidad estandarizado.

#### *Clasificación del índice sintético de vulnerabilidad*

Finalmente, el número que se obtiene del paso anterior se estandarizó (a través de la ecuación 1) para luego clasificarlo en cuatro grados de vulnerabilidad. Los rangos para la medición de la vulnerabilidad van de 0 a 100, donde 0 representa el grado más bajo y 100 el más alto. Asimismo, se asumió la escala de clasificación cualitativa propuesta por Suárez, *et al.* (2020b) para la representación de la vulnerabilidad ante la COVID-19. El mapa de vulnerabilidad final quedó clasificado de acuerdo con los rangos establecidos en el cuadro 4.

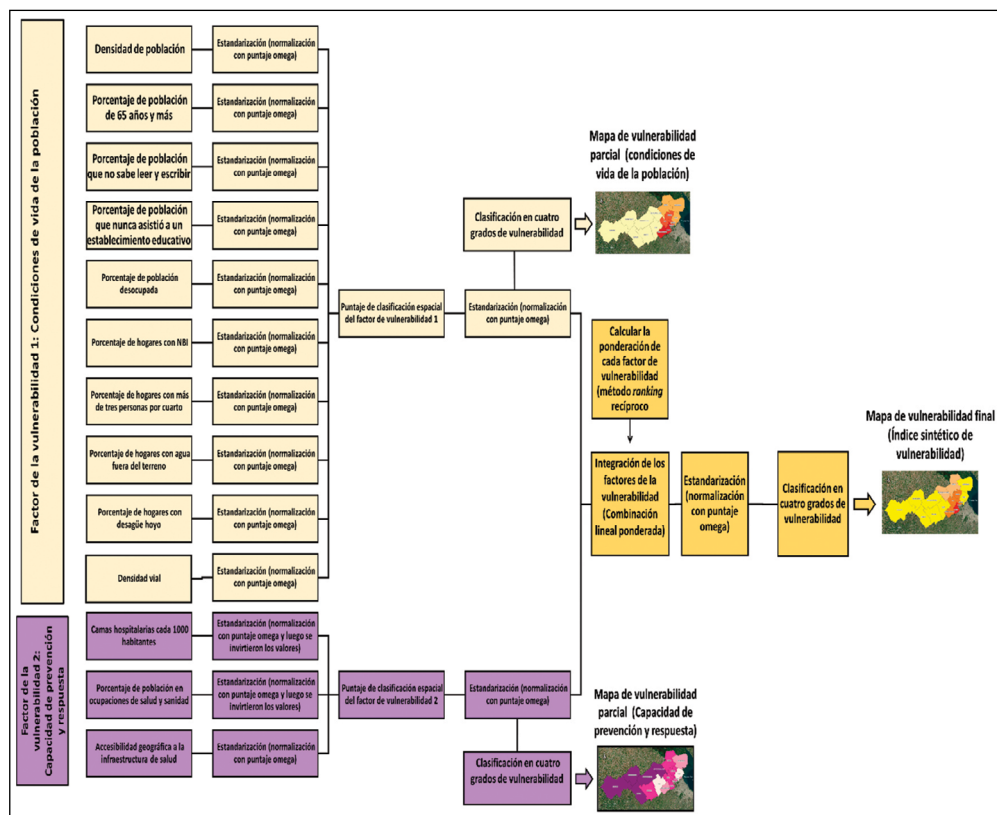
Cuadro 4. Grados de vulnerabilidad ante Covid-19

<i>Clasificación cuantitativa</i>	<i>Clasificación cualitativa</i>
De 0 a 25	Media
De 26 a 50	Alta
De 51 a 75	Muy alta
De 76 a 100	Crítica

Fuente: Elaboración propia, 2021.

La secuencia de los procedimientos realizados en el Sistema de Información Geográfica para la obtención de la representación cartográfica final se muestra en el diagrama metodológico (figura 1).

Figura 1. Diagrama metodológico



Fuente: Elaboración propia, 2021.

## RESULTADOS

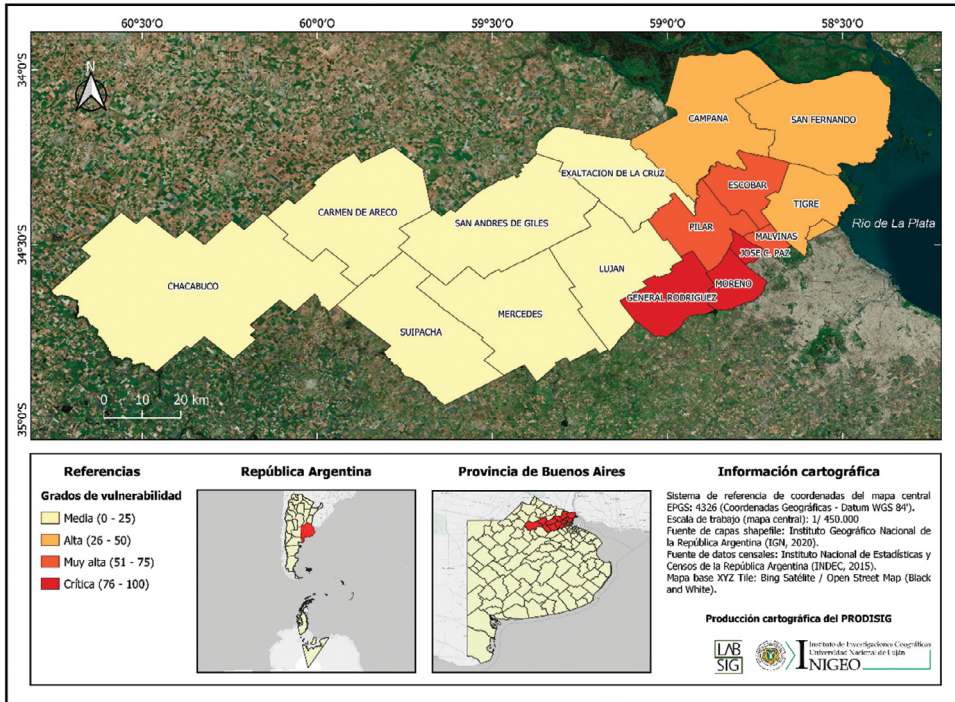
Como primer resultado se obtuvo un mapa con la síntesis parcial de la vulnerabilidad (figura 2), donde se muestra la integración de los diez indicadores seleccionados para medir las condiciones de vida de la población que aumentan la susceptibilidad a

enfermar de COVID-19. De los cuatro grados de vulnerabilidad definidos, se observa que las categorías “crítica” y “muy alta” de la vulnerabilidad presentan contigüidad espacial interna y entre categorías; están integradas por seis de los municipios (Escobar, General Rodríguez, José C. Paz, Malvinas Argentinas, Moreno, Pilar) que forman parte del área que se definió en un trabajo reciente como la “última expansión y conurbación de la Megaciudad Buenos Aires” (Buzai y Montes, 2020b).

En las categorías de vulnerabilidad analizadas se repite el patrón espacial observado en estudios anteriores excepto algunos nodos urbanos importantes sobre el mapa social de los partidos (municipios) de la cuenca (Montes, 2019). En dicho estudio se evidenció que aquellos municipios que se encontraban en la periferia de la gran mancha urbana de Buenos Aires presentaban niveles de desarrollo socio-habitacional entre “bajos” y “muy bajos”.

Por otro lado, los municipios que conforman las categorías de vulnerabilidad “alta” y “media” presentan contigüidad espacial interna y entre categorías, evidenciando una alta coincidencia con aquellas áreas que fueron identificadas por Montes y Márquez (2019) como contextos predominantemente rurales en los partidos de la cuenca. Esta coincidencia se debe a las características de alguno de los indicadores socio-demográficos seleccionados y la baja concentración espacial que miden, especialmente en el centro-oeste del área de estudio.

**Figura 2. Distribución espacial de la vulnerabilidad por municipio:  
Condiciones de vida de la población**



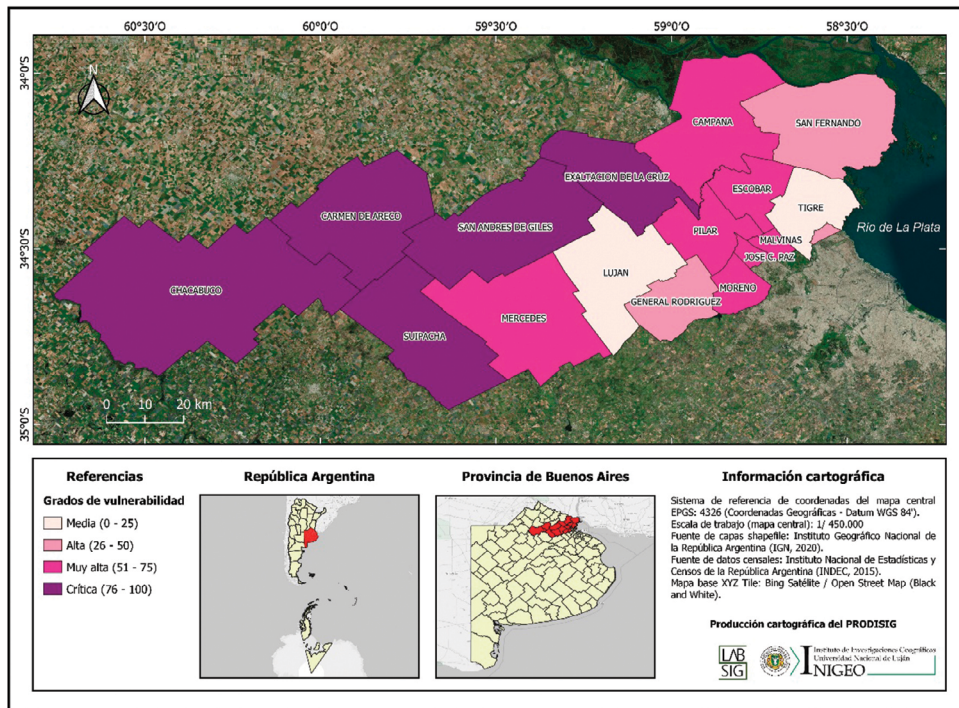
Fuente: Elaboración propia, 2021 mediante el *software QGIS versión 3.18.1-Zürich* (QGIS Development Team, 2020).

En la figura 3, es posible observar un mapa síntesis sobre los indicadores relacionados con la capacidad de prevención y respuesta, el cual contrasta con el mapa anterior. Al centro-oeste del área de estudio se localizan cinco municipios con contigüidad espacial que presentan un grado de vulnerabilidad “crítica” (Carmen de Areco, Chacabuco, Exaltación de la Cruz, San Andrés de Giles, Suipacha). Asimismo, aquellos municipios con una categoría “muy alta” de vulnerabilidad son siete (Campana, Escobar, José C. Paz, Malvinas Argentinas, Mercedes, Moreno, Pilar) y se distribuyen al este del área de estudio (a excepción de Mercedes).

Los municipios restantes presentan cierta dispersión espacial al centro-este de la cuenca y se distribuyen en dos categorías, alta vulnerabilidad (General Rodríguez y San Fernando) y media vulnerabilidad (Luján y Tigre). Es evidente que los recursos

disponibles para gestionar y reducir los riesgos de desastres en caso de una situación de pandemia son deficientes y presentan una notable diferenciación espacial entre los municipios de la cuenca, destacando las diferencias entre contextos urbanos y rurales, y entre densidades poblacionales altas y bajas.

**Figura 3. Distribución espacial de la vulnerabilidad por municipio:  
Capacidad de prevención y respuesta**

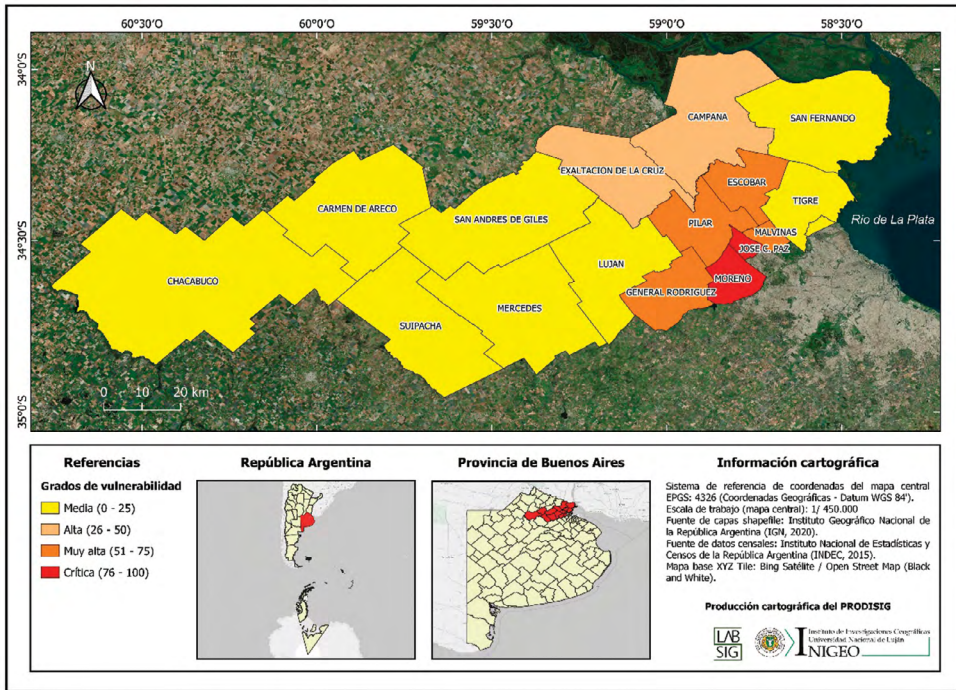


Fuente: Elaboración propia, 2021 mediante el *software QGIS versión 3.18.1-Zürich* (QGIS Development Team, 2020).

En la figura 4 se observa la síntesis final representada a través del Índice Sintético de Vulnerabilidad, seis de los municipios evaluados (37.5%) se identifican con grados de vulnerabilidad entre muy alta y crítica (Escobar, General Rodríguez, José C. Paz, Malvinas Argentinas, Moreno, Pilar), representando una gran área con contigüidad espacial entre las categorías y ubicada al este de la cuenca. Dentro de la categoría de alta vulnerabilidad se identificaron los municipios Campana y Exaltación de la Cruz

(12.5%) localizados al noreste, por último, los restantes ocho municipios (50%) se identificaron con un grado medio de vulnerabilidad (Carmen de Areco, Chacabuco, Luján, Mercedes, San Andrés de Giles, San Fernando, Suipacha y Tigre).

Figura 4. Índice sintético de vulnerabilidad ante Covid-19 por municipio



Fuente: Elaboración propia, 2021 mediante el *software QGIS versión 3.18.1-Zürich* (QGIS Development Team, 2020).

## CONCLUSIONES

Los mapas de vulnerabilidad obtenidos a partir de la aplicación de métodos cuantitativos constituyen una herramienta fundamental en los procesos de planificación y gestión territorial a diferentes escalas espaciales y temporales, especialmente cuando se está enfrentando una amenaza cualquiera sea su tipo, esto quiere decir que antes, durante y después de un evento con las características de la actual pandemia por COVID-19 serán requeridos este tipo de conocimientos territoriales.

La estrategia metodológica propuesta de carácter cuantitativo (aditiva/ponderada) permitió la construcción de un Índice Sintético de Vulnerabilidad (ISV) que al ser sencillo e intuitivo posibilitó la integración de diferentes factores que componen la vulnerabilidad, logrando de manera satisfactoria una síntesis cartográfica que facilita el análisis e interpretación de las distribuciones espaciales.

El conocimiento obtenido sobre la distribución espacial de los diferentes grados de vulnerabilidad ante la COVID-19 en los municipios de la cuenca del río Luján es primordial para soportar la toma de decisiones y conducir las acciones en el territorio de manera focalizada, sumando de este modo, una herramienta de alto valor geoestratégico para hacer frente a la pandemia.

## REFERENCIAS

- Bunge, M. (2014). *Memorias. Entre dos mundos*. Buenos Aires: Eudeba.
- Buzai, G. (2002). *Atlas digital de la cuenca del río Luján* [CD-ROM]. Buenos Aires: Universidad Nacional de Luján, Argentina.
- Buzai, G. y Baxendale, C. (2017). Regionalización socio-habitacional de los partidos de la cuenca del río Luján. *Anuario de la División Geografía*. [CD]. Buenos Aires, 11, pp. 7-15
- Buzai, G. (2020). De Wuhan a Luján. Evolución espacial del COVID-19. *Posición* 3, 1-21. Disponible en: <https://posicionrevista.wixsite.com/inigeo/numero-3-2020> [Consultado el 17 de abril de 2020].
- Buzai, G. y Baxendale, C. (2011). *Análisis socioespacial con sistemas de información geográfica. Perspectiva científica. Temáticas de base ráster*. (Volumen I). Buenos Aires: Lugar Editorial.
- Buzai, G. y Montes-Galbán, E. (2020a). El mapa social de la ciudad de Córdoba (Argentina): Construcción cuantitativa e interpretación modelística. *Cuadernos Geográficos*, 59 (1), pp. 299-315.
- Buzai, G. y Montes-Galbán, E. (2020b). Megaciudad Buenos Aires: Cartografía de su última expansión y conurbación mediante el procesamiento digital de imágenes satelitales nocturnas. *Revista Cartográfica*. 100, pp. 215-238.
- Cadena, E. (2019). Método para la construcción de índices multidimensionales. Aplicación a la desigualdad social y comportamiento electoral en México. En G. Buzai, y Santana, M. *Métodos cuantitativos en Geografía Humana*. Impresiones Buenos Aires, pp. 177-191.
- Cannon, T. (1994). Vulnerability Analysis and the Explanation of Natural Disasters. En A. Varley (Comp.). *Disaster, Development and Environment*. Nueva York: John Wiley and Sons, pp. 13-30.
- Foschiatti, A. (2009). La vulnerabilidad global: cuestiones de terminología. En A. Foschiatti (comp.), *Aportes conceptuales y empíricos de la vulnerabilidad global*. Argentina: Universidad Nacional del Nordeste, pp. 12-39.
- García, N., et al. (2004). Estimación de la vulnerabilidad social. En V. Ramos (coord.). *Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos*. Ciudad de México: CENAPRED, pp. 339-369.
- Gómez, M. y Barredo, J. (2005). *Sistemas de información geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio*. Ciudad de México: Ra-Ma.

- Humacata, L., y Montes-Galbán, E. (2019). Métodos para la clasificación espacial. En G. Buzai y Santana, M. *Métodos cuantitativos en Geografía Humana*. Impresiones Buenos Aires, pp. 129-142.
- Instituto Geográfico Nacional de la República Argentina (IGN) (2020). *Datos abiertos. Capas SIG*. Disponible en: <https://www.ign.gov.ar/NuestrasActividades/InformacionGeoespacial/CapasSIG>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos de la República Argentina (INDEC) (2015a). *Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010 (cuestionario básico)*. [Base de Datos Redatam +Sp]. Disponible en: [https://redatam.indec.gov.ar/argbin/RpWebEngine.exe/PortalAction?&MODE=MAIN&BASE=CPV2010B&MAIN=WebServerMain.inl&\\_ga=2.124460620.799534294.1617970322-1484984679.1617970322](https://redatam.indec.gov.ar/argbin/RpWebEngine.exe/PortalAction?&MODE=MAIN&BASE=CPV2010B&MAIN=WebServerMain.inl&_ga=2.124460620.799534294.1617970322-1484984679.1617970322)
- Instituto Nacional de Estadística y Censos de la República Argentina (INDEC) (2015b). *Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010 (cuestionario ampliado)*. [Base de Datos Redatam +Sp]. Disponible en: [https://redatam.indec.gov.ar/argbin/RpWebEngine.exe/PortalAction?&MODE=MAIN&BASE=CPV2010A&MAIN=WebServerMain.inl&\\_ga=2.142941117.90339686.1620242123-1899184022.1620242123](https://redatam.indec.gov.ar/argbin/RpWebEngine.exe/PortalAction?&MODE=MAIN&BASE=CPV2010A&MAIN=WebServerMain.inl&_ga=2.142941117.90339686.1620242123-1899184022.1620242123)
- Instituto Nacional de Estadística y Censos de la República Argentina (INDEC) (2015c). *Unidades geoestadísticas. Cartografía y códigos geográficos del Sistema Estadístico Nacional*. Buenos Aires: Autor. Disponible en: <http://www.indec.gov.ar/codgeo.asp>
- Lanzelotti, S. y Buzai, G. (2015). *Delimitación de la cuenca del río Luján, Provincia de Buenos Aires, Argentina*. [Informe técnico 01]. Luján: Instituto de Investigaciones Geográficas.
- Lavell, A. y Lavell, C. (4 de julio de 2020). *El COVID-19: Relaciones con el riesgo de desastres, su concepto y gestión*. Disponible en: [https://www.desenredando.org/public/2020/Lavell\\_2020-07\\_Covid-19\\_y\\_Desastre\\_Final.pdf](https://www.desenredando.org/public/2020/Lavell_2020-07_Covid-19_y_Desastre_Final.pdf) [Consultado el 1 de febrero de 2021].
- Lavell, A., et al. (20 de abril de 2020). *La Construcción Social de la Pandemia COVID-19: desastre, acumulación de riesgos y políticas públicas*. Disponible en: <https://www.desenredando.org> [Consultado el 1 de febrero de 2021].
- López-Escolano, C. y Pueyo-Campos, A. (2019). Medidas básicas de accesibilidad territorial. Enfoques, evolución y utilidades. *Bitácora Urbano Territorial*, 29 (3), pp. 49-58.
- Malczewski, J. (1999). *GIS and multicriteria decision analysis*. New York: Published by Wiley.
- Ministerio de Salud de la Nación (2020). *Salud confirma el primer caso de coronavirus en el país*. Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/noticias/salud-confirma-el-primer-caso-de-coronavirus-en-el-pais#:~:text=El%20caso%20fue%20notificado%20por,de%20salud%20de%20la%20ciudad> [Consultado el 3 de marzo de 2021].

- Ministerio de Salud de la Nación (2021a). *Sistema Integrado de Información Sanitaria Argentino*. Disponible en: <https://sisa.msal.gov.ar/sisa/> [Consultado el 15 de febrero de 2021].
- Ministerio de Salud de la Nación (2021b). *Información epidemiológica. Marzo de 2021*. Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/coronavirus/informes-diarios/reportes/marzo2021> [Consultado el 3 de marzo de 2021].
- Montes-Galbán, E. (2019). Cuenca. Mapa social. En G. Buzai, S. *et al. Atlas de Geografía Humana de la cuenca del río Luján*. Buenos Aires: Impresiones Buenos Aires, pp. 170-171.
- Montes-Galbán, E. (2020). La amenaza de futuros virus y el papel de la Geografía. *Posición* 4, pp. 1-3. Disponible en: <https://posicionrevista.wixsite.com/inigeo/n%C3%BAmero-4-2020> [Consultado el 25 de marzo de 2021].
- Montes-Galbán, E. y Marqués, S. (2019). Cuenca. Contexto urbano-rural. En G. Buzai, *et al. Atlas de Geografía Humana de la cuenca del río Luján*. Impresiones Buenos Aires, pp. 48-49.
- Principi, N. (2020). Mapa de la vulnerabilidad socioeconómica en la ciudad de Luján (Buenos Aires, Argentina) a partir de la metodología del Valor de Índice Medio. *Posición* 3, 1-14. Disponible en: <https://posicionrevista.wixsite.com/inigeo/numero-3-2020> [Consultado el 1 de marzo de 2021].
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). (2021). *COVID-19, aguas residuales y saneamiento*. Disponible en: <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/32802/FS9SP.pdf?sequence=4&isAllowed=y> [Consultado el 2 de febrero de 2021].
- QGIS Development Team (2020). QGIS. *Un Sistema de Información Geográfica libre y de Código Abierto*. Disponible en: <https://qgis.org/es/site/> [Consultado el 1 de mayo de 2020].
- Quammen, D. (5 de enero de 2021). Coronavirus: ¿Por qué ha sido tan lento el esfuerzo por descubrir el origen del virus? No es por la ciencia, sino por la política. *BBC Mundo*. (C. Serrano, Entrevistador). Disponible en: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-55451052> [Consultado el 15 de enero de 2021].
- Ramírez, L. (2009). La vulnerabilidad sanitaria y epidemiológica. Aportes metodológicos que permiten definir las áreas sanitarias y epidemiológicas críticas y la población en riesgo en la provincia del Chaco. En A. Foschiatti (comp.), *Aportes conceptuales y empíricos de la vulnerabilidad global*. (pp. 334-397). Argentina: Universidad Nacional del Nordeste. Disponible en: <https://repositorio.unne.edu.ar/handle/123456789/27555> [Consultado el 1 de febrero de 2021].

- Renda, E., *et al.* (2017). *Manual para la elaboración de mapas de riesgo*. Buenos Aires: Ministerio de Seguridad de la Nación.
- Robles, M., *et al.* (2018). Evaluación de la vulnerabilidad ante el cambio climático para el fortalecimiento territorial. En S. Villerías y N. García. *Análisis de la vulnerabilidad social desde un enfoque multidisciplinario*. Ciudad de México: UAGro, pp. 163-190.
- Santana, M. y Montes, E. (2019). Sistemas de Información Geográfica en Salud. En G. Buzai, *et al.* *Teoría y métodos de la Geografía Cuantitativa. Libro 2: Por una Geografía empírica*. Impresiones Buenos Aires, pp. 59-74.
- Suárez, M., *et al.* (2020a). *Atlas de vulnerabilidad urbana ante COVID-19 en las Zonas Metropolitanas de México. Metodología*. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Suárez, M., *et al.* (2020b). *Vulnerabilidad ante COVID-19 en México*. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Subsecretaría de Planificación Territorial de la Inversión Pública (2015). *ATLAS ID - Indicadores de Desarrollo Territorial de la República Argentina*. Buenos Aires: Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios.
- UNISDR (2016). *Informe del grupo de trabajo intergubernamental de expertos de composición abierta sobre los indicadores y la terminología relacionados con la reducción del riesgo de desastres*. Ginebra: Autor. Disponible en: <https://www.undrr.org/publication/report-open-ended-intergovernmental-expert-working-group-indicators-and-terminology> [Consultado el 15 de febrero de 2021].
- Villerías, S., *et al.* (2020). Análisis espacial de vulnerabilidad y riesgo en salud por COVID-19 en el estado de Guerrero, México. *Posición*. 3, pp.1-14. Disponible en: <https://posicionrevista.wixsite.com/inigeo/numero-3-2020> [Consultado el 1 de marzo del 2021].

# VULNERABILIDAD Y AFECTACIÓN POBLACIONAL ANTE EL SARS-CoV-2 EN LOS MUNICIPIOS DEL ESTADO DE MÉXICO

*José Francisco Monroy Gaytán\**  
*María Milagros Campos Vargas\**  
*Cuauhtli Flores Lara\**

## RESUMEN

El análisis geográfico de la incidencia y prevalencia de enfermedades es parte fundamental de la salud pública, ya que la distribución espacial de la situación sanitaria provocada por el virus SARS-CoV-2 es determinante para el diseño e instrumentación de intervenciones específicas como regulación, información, provisión y transferencia de problemas de salud relevantes en el Estado de México.

Así, el presente trabajo ofrece una perspectiva sobre el riesgo de pandemia de COVID-19 en el Estado de México a través de la construcción y el análisis de la distribución poblacional. En donde serán consideradas localidades vulnerables aquellas con antecedentes en comorbilidades, tales como obesidad, diabetes e hipertensión.

Más adelante se presenta un modelo econométrico de mínimos cuadrados ordinarios de los padecimientos anteriormente mencionados y la tasa de defunción a nivel municipal. En él se observan los resultados de dichas enfermedades y su impacto en la población residente en cada municipio.

Palabras clave: Estado de México, comorbilidades, SARS-CoV-2

---

\* Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Geografía  
jfmonroyg@uaemex.mx  
milicampos42@hotmail.com  
Cuauhtlifloreslara@yahoo.com

## ABSTRACT

The geographical analysis of the incidence and prevalence of diseases is a fundamental part of public health, since the spatial distribution of the health situation is a determining factor for the design and implementation of specific interventions -regulation, information, provision and transfers- on relevant health problems.

This paper offers a perspective on the risk of a COVID-19 pandemic in the state of Mexico through the construction and analysis of the spatial distribution of the population considered vulnerable due to their health status by having one or more previous comorbidities: obesity, diabetes and hypertension.

The second part presents an econometric model of ordinary least squares, comorbidities and death rate at the municipal level, obtaining the results of the most relevant comorbidities with the greatest impact at the municipal level within the resident population of each municipality.

Key words: State of Mexico, comorbidities, sars-cov-2, SARS-CoV-2.

## INTRODUCCIÓN

En el marco sanitario definido por la crisis mundial del nuevo virus conocido como SARS-CoV-2, causante de la enfermedad de la COVID 19, el presente trabajo describe el reparto de la población que se considera particularmente vulnerable al contagio de esta enfermedad en el Estado de México. Esto incluye a sujetos hipertensos, diabéticos y/o con obesidad. Asimismo, el estudio arrojará a las localidades con mayor número de manifestaciones y/o complicaciones de salud que encaminen al fallecimiento.

Del mismo modo es relevante la incorporación de datos como el número de defunciones anunciadas por el gobierno de México para el Estado de México. Los resultados aparecen después de una comparación entre el número total de decesos que tiene el Estado de México por causas ajenas a la COVID-19 y las adjudicadas al mismo.

Finalmente, se presenta un mapa municipal del Estado de México donde se señala la distribución espacial de la población vulnerable por cada mil habitantes, con el fin de identificar las regiones donde se presentan mayor densidad y prevalencia de los padecimientos crónicos considerados en este estudio.

## ANTECEDENTES

El momento en el que se declara estado de alerta a nivel mundial por la presencia de una nueva enfermedad es el 30 de enero de 2020 (Ibarra y otros, 2020); ese día, mediante la declarativa realizada por la Organización Mundial de la Salud (OMS), se presenta a la COVID-19 de manera oficial en todo el mundo.

Un nuevo padecimiento, presentado en principio como una neumonía de etiología desconocida, inició en la provincia de Wuhan de la República Popular de China y se extendió por el planeta alcanzando proporciones colosales. Hizo evidente que la globalización y sus ventajas comerciales, culturales y de movilidad también implican riesgos sanitarios. A lo largo de ese año, paulatinamente, los países vieron llegar el contagio y las consiguientes muertes concentradas de forma notoria en las personas de más de 60 años con afecciones médicas crónicas como hipertensión arterial, diabetes, obesidad y problemas cardíacos y/o pulmonares.

Hasta antes de la llegada de las vacunas, los gobiernos implementaron diferentes intervenciones no farmacológicas para intentar frenar la propagación del coronavirus. Desde medidas de contención y mitigación (cierre de colegios y universidades) hasta cortes represivos caracterizados por el confinamiento de la población y el cierre de fronteras.

La crisis sanitaria global puso en evidencia las deficiencias preexistentes y la buena o mala capacidad de respuesta de los sistemas de salud, lo que generó costos de diversas índoles: sociales, psicológicos y económicos de magnitudes aún por evaluar.

En México, a la fecha, se estiman más de 230 mil fallecimientos por COVID-19, cifra que lo sitúa entre los países con más muertes, en términos absolutos, en lo que va de la pandemia. De acuerdo con la Plataforma de Información Geográfica de la UNAM sobre COVID-19, el 94 % de los mexicanos fallecidos eran obreros, amas de casa y retirados con condiciones económicas adversas. La mitad no terminó la primaria.

En el Estado de México, de acuerdo con su Secretaría de Salud, en el último año se han contabilizado poco más de 28 mil defunciones por COVID-19 en residentes de los siguientes municipios: Ecatepec, Toluca, Naucalpan, Chalco, Nezahualcóyotl, Tlalnepantla y Cuautitlán Izcalli (de cada 10 defunciones, 7 son hombres y 3 mujeres). A excepción de Toluca, estos municipios forman parte de la Zona Metropolitana del Valle de México, región donde se genera la mayor riqueza del país y se concentra el mayor grado de infraestructura urbana y movimiento poblacional.

La interacción dentro del Estado de México debe estudiarse de manera objetiva para lograr determinar cuáles son las condiciones sociales que delimitan a esta región y su actuar frente al SARS-CoV-2.

#### DEFINICIÓN DE VULNERABILIDAD POBLACIONAL

La vulnerabilidad poblacional por condiciones de salud es decretada por más de un factor (CDMX. 2020). México es uno de los países con el mayor número de personas con obesidad, la enfermedad crónica multifactorial es compleja dentro de la sociedad mexicana (Campos y otros, 2018). La obesidad –fundamentalmente producida por la ingesta de alimentos con exceso de azúcares, grasa y sodio aunada a la inactividad física– es el primer eslabón en la cadena de enfermedades graves comunes que puede tener una persona. En particular, este padecimiento permite el desarrollo de otros, verbigracia diabetes e hipertensión.

De acuerdo con la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (Ensanut, 2018) realizada por el Instituto Nacional de Salud Pública (INSP), 96 millones de mexicanos padecen sobrepeso u obesidad; 8.6 millones sufren diabetes y 15.2 millones presentan hipertensión. Con respecto a estas cifras, el 28 de febrero de 2020, la OMS advirtió a México que su población podría ser especialmente vulnerable al nuevo virus.

De acuerdo con el INSP la hipertensión es uno de los malestares más frecuentes en individuos contagiados por el ya famoso virus. Incluso es un indicador para conocer las probabilidades de adquirir, o no, la enfermedad. Así, aquellos que se encuentran en esta condición sufren un impacto negativo en toda causa capaz de complicar la infección del SARS-CoV-2 incrementando el grado de letalidad (López y otros, 2020). La intervención hospitalaria se vuelve la mejor opción para sobrellevar la enfermedad.

Ahora bien, las personas de 65 años o más que presentan comorbilidades –trastornos o enfermedades que ocurren en la misma persona que pueden interactuar para empeorar la evolución de ambas– también poseen riesgos notables de sufrir complicaciones médicas al contraer SARS-CoV-2 y, de no atenderse de manera adecuada y efectiva, desarrollarán tal enfermedad en una versión muy agresiva (Medeiros y otros, 2020). Dicho de otra manera, su sistema inmunológico no cuenta con las características de una persona saludable y/o más joven.

Del mismo modo, las personas con diabetes no poseen una mayor o menor probabilidad de contraer el virus (Vakharia, 2020) pero sí se consideran población de riesgo cuando no tienen un buen control de este trastorno, ya que el sistema inmunológico aparece con igual decaimiento que el caso anteriormente mencionado.

En suma, los ciudadanos con una u otra de las afecciones arriba descritas tienen mayor probabilidad de experimentar situaciones de alto riesgo al contraer COVID.

## METODOLOGÍA

Con el fin de lograr una comparación entre los municipios que conforman el Estado de México, se propone, a continuación, una regionalización homogénea para determinar cuáles son las zonas con mayor y menor número de personas vulnerables ante la enfermedad del SARS-CoV-2.

En primer lugar, se calculó una tasa de personas inermes por condición médica –entiéndase con obesidad, hipertensión y/o diabetes– para saber dónde se concentra la población vulnerable. En segundo lugar, se incorporó el Índice de Moran bivalente con la tasa de defunciones causadas por COVID-19 a nivel municipal.

Finalmente, se plantea un modelo econométrico para obtener la relevancia de las enfermedades previamente existentes en las localidades y la manera en la que estas suman o restan al impacto de la pandemia y el número de muertes.

### *Tasa de personas vulnerables por condición médica*

TPH: tasa de personas vulnerables por cada 1000 habitantes.

TpV= Número total de personas con una o más enfermedades como lo son: diabetes, hipertensión, obesidad (la edad de la población considerada vulnerable va en dos bloques: de 20 a 64 años y 65 y más).

PT= Número de población total residente en el municipio.

1000= 1000 habitantes.

$$TPH = (TpV / PT) * 1000$$

La recopilación de estos datos se encuentra compuesta por los indicadores poblacionales de cada municipio que el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) proporciona en su página de monitoreo COVID-19.

A su vez, la base de datos que componen las personas fallecidas es proporcionada por el gobierno de México. Dicha procedencia contiene los siguientes datos para cada finado: covid como causa de muerte; edad del sujeto y género.

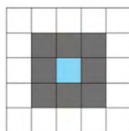
Por último, la documentación recabada, a modo de gráfica de barras, ilustrará al lector sobre cuántos hombres y mujeres han fallecido y cuántos individuos aparecen como vulnerables en cada municipio dentro del Estado de México.

### *Proceso*

1. suma de las variables de cada categoría para los 3 índices.
2. ordenamiento de mayor a menor en cada dato.
3. clasificación en 8 subgrupos calculando la ecuación de Sturges  $k=1+3.322\log_{10}(n)$  con un intervalo de 15 valores cada uno.  
125/8  
125= Número de municipios  
8= número de clases.  
15= número de municipios en cada clase.
4. obtener los valores de los límites inferiores y superiores de cada región.
5. calcular el promedio de cada una de las subregiones.
6. calcular el promedio de los dos valores: límite inferior y superior.
7. obtención del índice de regionalización con un cociente entre los 2 promedios por cada región.

## ÍNDICE DE MORAN<sup>1</sup>

- 1- Para obtener el grado de dependencia espacial se calcula el Índice de Moran. Se calcula una matriz de pesos espaciales de tipo reina de orden 1.



8 vecinos

- 2- Cálculo del Índice de Moran en la variable de población vulnerable (personas con hipertensión arterial, personas con diabetes, personas con obesidad) para determinar el grado de asociación espacial en cada región.

$$I = \frac{N}{\sum_i \sum_j w_{ij}} \frac{\sum_i \sum_j w_{ij} (X_i - \bar{X})(X_j - \bar{X})}{\sum_i (X_i - \bar{X})^2}$$

Donde N es el número de unidades espaciales indexados por i y j; X es la variable de interés,  $\bar{x}$  es la media de X; y  $w_{ij}$  es elemento de una matriz de pesos espaciales.

Se calcula el Índice de Moran bivalente cruzando el número de personas positivas a COVID-19 con el número de personas vulnerables para determinar la existencia de dependencia espacial entre los municipios.

## MODELO DE COMORBILIDADES Y DEFUNCIONES POR SARS-CoV2

$y$  = Defunciones en el Estado de México por SARS-CoV-2

$\beta_0$  = Término constante (valor de  $y$  cuando  $x$  y  $u$  son cero)

$\beta_1$  X = Población con hipertensión arterial.

$\beta_2$  X = Población con diabetes.

<sup>1</sup> El Índice de Moran fue el primer indicador para medir la asociación espacial entre diversos valores, con este indicador se mide el grado de asociación espacial existente en cada valor regional (Anselin, 1988).

$\beta_3$  X= Población con obesidad.

U= Término de error.

Estimar cuáles son las comorbilidades que contribuyen a incrementar el número de fallecimientos por SARS-CoV-2

### *Procesos de trabajo*

Al inicio se descargó la información del número de personas que viven en cada uno de los municipios que conforman el Estado de México, con base en datos publicados por Conacyt, así como el número de personas que tienen una condición médica (diabetes, hipertensión, obesidad) para colocarlas como población vulnerable.

Más adelante los datos se clasificaron por cada municipio con una tabla dinámica. Se logró obtener la cifra de sujetos vulnerables propensos a padecer complicaciones en caso de contraer covid. Se calculó la tasa de personas vulnerables por cada mil habitantes de cada municipio.

La última referencia se descargó del sistema de información de datos abiertos del Gobierno de México, de donde se obtuvo el número total de defunciones por COVID-19 en el Estado de México junto con el tipo de población (hombre, mujer).

Para concluir se realizó la redacción cartográfica de las figuras donde se expresa la distribución espacial de la población vulnerable por cada municipio y se incorporan las gráficas de barras donde se muestra el tipo de población fallecida.

## RESULTADOS

En términos comparativos, del número total de hombres fallecidos en hospitales del Estado de México 53% fue por COVID-19 y 47 % por causas diferentes. En mujeres, fallecimientos por COVID-19 ascienden a 38 por ciento.

Los datos correspondientes al número total de fallecimientos de hombres y mujeres a causa del virus recientemente descubierto refieren a ellas 48% mientras que ellos representan 53 por ciento.

A continuación, se presenta el cuadro 1 con los resultados de la tasa de población con comorbilidades por cada mil habitantes.

**Cuadro. 1 Población Vulnerable en el Estado de México por cada mil habitantes**

<i>Municipios con una población vulnerable alta</i>		<i>Municipios con una población vulnerable baja</i>	
<i>Municipio</i>	<i>P_vulnerable</i>	<i>Municipio</i>	<i>P_vulnerable.</i>
Atizapán	4950	Tultitlán	35
Polotitlán	1349	Cuautitlán Izcalli	37
Zumpahuacán	1078	Metepec	40
Timilpan	987	Coyotepec	43
Tlatlaya	906	Chicoloapan	47
Ayapango	897	Tecámac	49
Soyaniquilpan de Juárez	895	Huehuetoca	53
Amatepec	892	Coacalco	55
Temascaltepec	846	Tultepec	57
San Simón de Guerrero	845	Huixquilucan	64
Ixtapan de la Sal	753	Toluca	65
Aculco	734	Lerma	68
Acambay	733	Zinacantepec	71
Luvianos	720	Almoloya de Juárez	75
Chapa de Mota	693	Atizapán de Zaragoza	76

Fuente: Elaboración propia con datos abiertos del Gobierno de México, sistema de salud, enfermedades no contagiosas en el adulto, 2021

**Cuadro 2. Personas vulnerables ante covid-19 por región a nivel municipal**

<i>Regiones</i>	<i>li</i>	<i>Personas vulnerables</i>			<i>Índice</i>	<i>Nivel</i>
		<i>ls</i>	<i>xi</i>			
1	45513	221316	133414.5	1.675206	Muy alto	
2	24419	42578	33498.5	1.04178	Muy alto	
5	9811	11661	10736	1.016686	Alto	
4	12257	16981	14619	1.01435	Alto	
3	17353	23664	20508.5	1.007062	Medio	
6	6415	9755	8085	0.991637	Medio	
7	3733	6248	4990.5	0.974659	Bajo	
8	816	3228	2022	0.864234	Bajo	

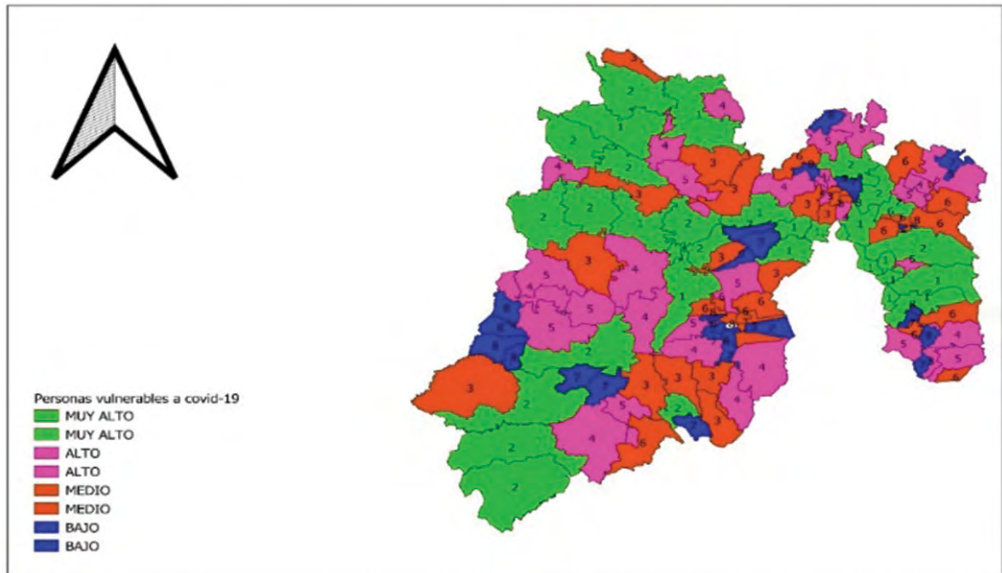
Fuente: Elaboración propia con datos abiertos del Gobierno de México, sistema de salud, enfermedades no contagiosas en el adulto, 2021.

**Cuadro 3. Municipios con población vulnerable a covid-19 por arriba del promedio regional**

<i>Región población vulnerable</i>	<i>Promedio población vulnerable</i>	<i>Municipios que rebasan el promedio regional.</i>
1	79 641	4
2	32 155	7
3	20 365	7
4	14 412	6
5	10 560	9
6	8 153	9
7	5 120	9
8	2 340	8

Fuente: Elaboración propia con datos abiertos del Gobierno de México, sistema de salud, enfermedades no contagiosas en el adulto, 2021.

**Figura 1. Personas vulnerables ante covid-19 por región a nivel municipal e Índices de Moran bivariante población con comorbilidades y defunciones provocadas por SARS-CoV-2**



Fuente: Elaboración propia con base en el programa Qgis y Geoda, 2021.

**Cuadro 4. Resultados del modelo estimado**

<i>comorbilidades y defunciones por sars-cov2</i>	<i>Coficiente</i>	<i>Indicador</i>	<i>Indicador</i>
Constante	-53,618**	R^2	R_Ajustada
Población con hipertensión arterial	-0,0335271***		
Población con obesidad.	-0,0111905	0,723719	0,716869
Población con diabetes	0,0816428***		
Probabilidad 1%***,5%** ,10%*.			

Fuente: Elaboración propia con datos abiertos del gobierno de México, sistema de salud, enfermedades en no contagiosas en el adulto, 2021.

En la figura 1 se muestra los municipios similares respecto a sus altas tasas de defunciones y al mismo tiempo con población considerada endeble.

Los resultados del modelo indican que 60% de las defunciones provocadas por SARS-CoV-2 están determinadas por la existencia de comorbilidades en los residentes.

De 10 personas fallecidas, 7 estaban diagnosticadas con diabetes e hipertensión arterial. La obesidad no es la causa principal de las muertes, pero sí es detonante de otras afecciones que ponen en riesgo a los contagiados: diabetes e hipertensión arterial.

## CONCLUSIONES

La pandemia por COVID-19 no ha finalizado, de hecho, todo parece indicar que la población deberá cohabitar con este inesperado virus durante un largo tiempo, las vacunas proporcionadas por el sector salud ayudaron a mitigar los casos positivos con complicaciones al presentar síntomas de la enfermedad. Mientras tanto las respuestas por y para la salud pública serán igual de determinantes que a principios de 2020. La manera en que los países enfrenten las sucesivas oleadas de contagio permitirá una mejor evaluación de los sistemas de salud (y de su capacidad para adaptarse o no). En este sentido, el presente trabajo ofrece, como es obligado, conclusiones clave para lo que viene.

De no atender de manera pronta las condiciones salubres de la población, podría caerse en una brecha donde los efectos de una nueva ola pandémica causen estragos más fuertes de los ya conocidos. Daños quizás irreversibles, sea en el ámbito social, económico y/o cultural.

Las regiones 2 y 1, donde los municipios concentran la mayor parte de la población vulnerable son localidades colindantes con la Ciudad de México. Es prioritario implementar una política pública preventiva y expansiva en relación con el fortalecimiento del sector salud (ejemplo, el incremento de los centros médicos en materia de prevención para poner en la mira a enfermedades como la diabetes, hipertensión y obesidad).

En caso de no existir una intervención por parte del sector salud con campañas de vacunación contra el SARS-CoV-2, los municipios de la región 1 y 2 serían los más afectados en términos de defunciones causadas por el mismo, sin embargo, el gobierno del Estado de México menciona que las campañas de vacunación se realizaron con efectividad en la mayoría de los municipios, por este motivo las defunciones y hospitalizaciones dejaron de crecer con el pasar del tiempo.

Las personas que se encuentran en mayor riesgo de complicaciones (e incluso deceso) son individuos que previamente presentan un descuidado estado de salud.

De acuerdo con la información proporcionada por los estudiosos en el tema, el Estado de México posee en su mayoría personas adultas. Y tal parece que las mujeres tienen un porcentaje mucho menor de mortalidad hospitalaria (32 %), por el contrario de la población masculina, cuyo porcentaje asciende a 68 %. Es decir, 7 de cada 10 sujetos que fallecen son varones y solo 3 son personas del sexo femenino.

Ahora bien, los municipios que presentan una cantidad superior de individuos vulnerables se localizan en las partes periféricas de la región de estudio, esto se debe a que la mayoría de los aledaños se encuentra en lucha con la diabetes, la hipertensión y la obesidad. Ello tal vez como resultado de la aglomeración no controlada en esas áreas.

En definitiva, la población femenina disfruta de la menor tasa de mortalidad en los casos de fallecimiento por COVID-19 y, además, lo hace en decesos por causas ajenas a tal enfermedad. Los pobladores del grupo masculino sostienen el mayor número de personas fallecidas en ambas categorías o causas de muerte.

Las instituciones de gobierno en materia de salud pública tendrán que impulsar una política de prevención para los padecimientos mencionados a lo largo de este artículo. Todo con la finalidad de reducir la mortalidad que ha dejado la pandemia actual. Sería importante, además, la implementación de pláticas rutinarias en la mayor cantidad de poblaciones para lograr cambios significativos en algo tan importante como los hábitos alimenticios y, así, combatir la obesidad.

## REFERENCIAS

- Ancelin, L. (1988). Spatial Econometrics: Methods and Models. In A. Luc, *Spatial Econometrics: Methods and Models*. London: Kluwer Academic Publishers.
- CDMX. (2020). *covid-19.cdmx.gob.mx*. Disponible en: <https://covid19.cdmx.gob.mx/storage/app/media/Exceso%20de%20mortalidad/Exceso%20de%20mortalidad.docx.pdf> [Consultado el 21 de diciembre de 2020]
- Ibarra Campos, *et al.* (2018). Epidemiología de la obesidad y sus principales comorbilidades en México. En Rivera, *et al.* *La obesidad en México. Estado de la política pública y recomendaciones para su prevención y control*. (pp. 31- 40). Morelos: Instituto de Salud Publica (INSP).
- Ibarra, *et al.* (2020). *Síntesis exploratoria rápida de evidencia CORONAVIRUS 2019 (SARS-CoV-2)*. Chile: Unidad de Políticas de Salud Informadas por Evidencia / Unidad de Evidencia Clínica; Departamento ETESA/SBE; Ministerio de Salud, Gobierno de Chile.
- Lopez, I., *et al.* (2020). *www.obesity.org*. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/oby.22946> [Consultado el 1 de julio de 2020].
- Medeiros, A., *et al.* (2020). *gacetasanitaria.org*. Disponible en: <https://gacetasanitaria.org/es-letalidad-del-covid-19-ausencia-patron-avance-S0213911120300844> [Consultado el 28 de abril de 2020].
- Orús, A. (2020). *es.statista.com*. Disponible en: <https://es.statista.com/estadisticas/1095779/numero-de-muertes-causadas-por-el-coronavirus-de-wuhan-por-pais/> [Consultado el 17 de diciembre de 2020].
- Pradilla, E. (2016). Zona Metropolitana del Valle de México: neoliberalismo y contradicciones urbanas. *Sociologias porto alegre*, 54-89.
- Secretaría de Salud. (2020). *coronavirus.gob.mx*. Disponible en: <https://coronavirus.gob.mx/wp-content/uploads/2020/04/Documentos-Lineamientos-Reconversion-Hospitalaria.pdf> [Consultado el 5 de abril de 2020].
- Vakharia. (2020). *www.massgeneral.org*. Disponible en: <https://www.massgeneral.org/es/coronavirus/cual-es-el-riesgo-del-covid-19-para-las-personas-con-diabetes> [Consultado el 14 de julio de 2020].



# **RELACIONES POBLACIONALES AMBIENTALES Y TECNOLÓGICAS**



# LOS NIVELES DE ACCESO A LAS TIC EN ACAPULCO, GUERRERO (MÉXICO): COVID-19 Y LOS DESAFÍOS DE UN MODELO EDUCATIVO VIRTUAL

*Nefalí García Castro\**  
*Yuridia Lozano Peñaloza\**

## RESUMEN

El presente capítulo tuvo como objetivo analizar desde la perspectiva territorial el acceso diferenciado de la población acapulqueña a las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) y el papel de estas como limitante para el desarrollo de las actividades escolares de manera remota. En ese orden de ideas, se partió de la premisa siguiente: la presencia de una cantidad sustancial de unidades territoriales con población en edad escolar y escaso acceso a las TIC. Con tal propósito, se analizó un total de 505 Áreas Geoestadísticas Básicas (AGEB) que integran a esta ciudad costera del estado de Guerrero, México. Se utilizó la información publicada en el Censo de Población y Vivienda 2020 para construir un índice de acceso a las TIC, basado en la metodología del Valor Índice Medio (VIM). De esta manera, se pudo determinar que 50% de la población que asiste a la escuela habita en demarcaciones con acceso alto y muy alto a las TIC, 40.8% en unidades espaciales con condición media, y menos de 10%, en jurisdicciones con condición baja y muy baja.

Palabras clave: brecha digital, vulnerabilidad social, exclusión social, COVID-19.

---

\* neftaligarciaquagro.mx Universidad Autónoma de Guerrero

\* loz.uagro1@gmail.com Universidad Autónoma de Guerrero

## ABSTRACT

The objective of this chapter was to analyze from the territorial perspective the differentiated access of the Acapulco population to Information and Communication Technologies (ICT) and their role as a limitation for the development of school activities remotely. In that order of ideas, we start from the following premise: the presence of a substantial number of territorial units with a school-age population and little access to ICT. For this purpose, we analyzed 505 Basic Geostatistical Areas (AGEB) that make up this coastal city in the state of Guerrero, Mexico. We use the information published in the 2020 Population and Housing Census to build an ICT access index, based on the Average Value Index (VIM) methodology. In this way, it was determined that 50% of the population that attends school lives in districts with high and very high access to ICT, 40.8%; in spatial units with medium condition, and less than 10%, in jurisdictions with low and very low condition.

Keywords: digital divide, social vulnerability, social exclusion, COVID-19.

## INTRODUCCIÓN

En decenios recientes, la brecha digital, entendida como el conjunto de desequilibrios socio-territoriales originados por el acceso diferenciado a la Sociedad de la Información y el Conocimiento (SIC), así como a las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), ha cobrado importancia entre los científicos sociales de América Latina. Un trabajo fundamental es el de Alva (2015), titulado *Los nuevos rostros de la desigualdad en el siglo XXI: la brecha digital*, en el que destaca el carácter estructural de esta como gestora de “nueva desigualdad”, lo cual logra ilustrar con información estadística del panorama heterogéneo presente en Latinoamérica y en México.

En ese mismo tenor, en la investigación *Las tecnologías de la información y comunicación para la inclusión: reformulando la brecha digital*, Cabero y Ruiz (2017) advierten que la SIC y las TIC son elementos de discriminación y exclusión en la sociedad contemporánea. Los autores hacen énfasis en que no solo se requiere que las personas cuenten con TIC, sino también con capacidad para emplearlas. Ambos aspectos resultan cruciales para mejorar las condiciones de vida de las personas debido a que cada vez son más las actividades que las requieren, no contar con ellas ni saber cómo utilizarlas suele limitar el desarrollo humano.

La presente investigación se enmarca dentro de las posturas expuestas en los dos trabajos anteriores: 1) se asume que la brecha digital es un factor importante de exclusión social dada la relevancia de la SIC y las TIC para la mayoría de las actividades actuales (productivas, escolares, recreativas, entre otras); y 2) se reconoce que la brecha digital se define en función del nivel de acceso y las habilidades técnicas para sacar provecho del binomio SIC-TIC; por lo tanto, ambos aspectos dan lugar a niveles específicos de vulnerabilidad social, si se entiende a esta como la incapacidad para beneficiarse de las oportunidades, disponibles en distintos ámbitos socioeconómicos, y con ello incentivar el bienestar humano (Katzman, 2000).

La pandemia de COVID-19 y el confinamiento de la población trajeron consigo alteraciones en la vida cotidiana; un cambio drástico ha sido el desarrollo de actividades escolares en casa con el uso de las TIC. Esto ha evidenciado que un número importante de personas no tiene acceso a dispositivos electrónicos y servicios de telecomunicaciones *ad hoc* a los requerimientos técnicos para la puesta en práctica de un modelo educativo a distancia. De hecho, incluso sin ponderar la capacidad de las personas para utilizar TIC o la calidad de éstas, los escasos niveles de acceso a ambos son por sí solos una limitante para las actividades educativas con carácter incluyente.

El Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF) ha expresado que 1 300 millones de personas cuyas edades oscilan entre 3 y 17 años no tienen conexión a Internet en sus hogares (es decir, dos de cada tres menores de edad a nivel mundial). Esto resulta alarmante si se considera que en el último año 250 millones de estudiantes han tenido que desarrollar la mayor parte de sus actividades con el uso de las TIC (UNICEF, 2020a). En ese contexto, quienes no tienen acceso a ellas han quedado al margen de las medidas implementadas para continuar con las actividades educativas a distancia y les coloca en una posición de franca desventaja social. De acuerdo con la directora ejecutiva de la UNICEF:

La falta de conectividad no solo limita la capacidad de los niños y jóvenes para conectarse en línea. Les impide competir en la economía moderna. Los aísla del mundo. Y en el caso de que se produzcan cierres de escuelas, como los que han sufrido actualmente millones de niños debido a la COVID-19, los lleva a perder la educación. Para decirlo sin rodeos: la falta de acceso a Internet le está costando el futuro a la próxima generación (Fore, 2020, citado por UNICEF, 2020a).

El presente capítulo tuvo como objetivo analizar desde la perspectiva territorial el acceso diferenciado de la población acapulqueña a las TIC y el papel de estas como limitante para el desarrollo de las actividades escolares de manera remota. En ese orden de ideas, se partió de la premisa siguiente: la presencia de una cantidad sustancial de unidades territoriales con población en edad escolar y escaso acceso a las TIC. Con tal propósito, se analizaron 505 Áreas Geoestadísticas Básicas (AGEB) que integran a esta ciudad de Acapulco (Guerrero, México). Se utilizó la información publicada en el Censo de Población y Vivienda 2020 para construir un índice de acceso a las TIC, basado en la metodología del Valor índice Medio (VIM).

## BRECHA DIGITAL Y EDUCACIÓN A DISTANCIA DURANTE LA PANDEMIA DE COVID-19

De acuerdo con Ambrosi, *et al.* (2005), la brecha digital conceptualmente tiene relevancia debido a que da pauta para examinar el impacto social de la SIC y las TIC, ya que el nivel de acceso a ellas, así como el uso y la calidad de estas suele incidir en las oportunidades de desarrollo de las personas. Al respecto, señalan que la brecha digital es resultado de las asimetrías económicas, políticas, sociales, culturales, de género, generacionales, geográficas, entre otras. Por lo tanto, es más acertado concebir “brechas digitales” (en lugar de una sola brecha), las cuales pueden explicarse con base en algunas de las desigualdades antes mencionadas o su combinación, en un momento y espacio concreto.

En ese sentido, Lloyd (2020) sugiere que la pandemia de COVID-19 agudizó las diferencias que siempre han estado presentes entre quienes asisten a la escuela (clase social, pertenencia étnica, género, ubicación geográfica o el tipo de institución educativa a la que se asiste), debido a que, para continuar con las actividades escolares, el gobierno y las instituciones educativas han implementado la instrucción a distancia, la cual requiere tener acceso y emplear TIC cotidianamente. Esta medida ha puesto de manifiesto el escenario adverso en el que gran parte de la población escolar ha tenido que integrarse a este modelo que resulta éticamente cuestionable por su carácter excluyente.

El cierre de las escuelas ha tenido efectos negativos en la población con características socioeconómicas desfavorecidas, la cual tiene un acceso limitado a las oportunidades de instrucción formal fuera del aula. Entre las múltiples causas de esta situación están:

1) la falta de apoyo educativo específico de acuerdo con las necesidades del estudiante; 2) la falta de recursos y hábitos de estudio en casa; 3) la mínima o nula preparación de los padres y estudiantes para la enseñanza-aprendizaje en el hogar; 4) no se cuenta con un acceso garantizado a la SIC y TIC; y 5) no se posee la capacidad técnica suficiente para utilizarlas en el contexto de las actividades educativas a distancia (García, *et al.* 2020).

Para Robert Jenkins, jefe de Educación de UNICEF:

El acceso a la tecnología y a los materiales necesarios para seguir estudiando mientras las escuelas permanecen cerradas es notablemente desigual... los niños que no disponen de ayuda suficiente para estudiar en casa apenas tienen medios que faciliten su educación. Es fundamental proporcionar una diversidad de herramientas educativas y ampliar el acceso a internet para cada escuela y para cada niño (UNICEF, 2020b).

En ese mismo orden de ideas, la titular de UNICEF advierte que “el hecho de que tantos niños y jóvenes no tengan Internet en sus hogares es más que una brecha digital: es un precipicio digital” (Fore, 2020, citado por UNICEF, 2020a). En diferentes países se han implementado acciones para dar continuidad a las actividades escolares desde los hogares de los alumnos, con iniciativas y resultados significativamente contrastantes. Lo han realizado varias naciones pobres, entre estas, aquellas ubicadas en África Occidental y Central; Timor-Leste, Somalia, Mongolia, Kirguistán, Uruguay, Jamaica, Bangladesh, Vietnam y México, entre muchas otras (UNICEF, 2020b).

En América Latina y el Caribe, las propuestas se han basado en plataformas en línea (90% de los casos). Asimismo, 77% de los países de la región han ofertado programas educativos mediante canales de televisión. La radio es el tercer recurso que más ha sido empleado por los gobiernos para brindar educación a distancia. En contraste, sólo la mitad de los países han recurrido a los mensajes de texto para hacer frente a la contingencia del sector educativo (UNICEF, 2020b). En México, a través de la estrategia del gobierno denominada “Aprende en casa”, se han establecido servicios educativos a larga distancia sustentados en la televisión nacional, la radio y recursos digitales, estos últimos han sido utilizados con más frecuencia en los niveles de educación post-básica.

Es importante destacar que existen considerables disparidades territoriales al interior del país. En su investigación, titulada *Retos del derecho de acceso a las tecnologías*

*de la información y comunicación para la alfabetización y aprendizaje digital en México durante el COVID-19*, Alcalá (2020) puntualiza que la desigualdad digital en el territorio nacional ha sido más evidente a raíz del confinamiento social originado por la pandemia, lo que ha puesto en desventaja a la población que habita en espacios geográficamente distantes, con escasos recursos económicos, insuficientes equipos tecnológicos y bajos niveles educativos.

De acuerdo con el Índice de Desarrollo TIC para México (IDTMex), propuesto por Thirión y Valle (2017), en el territorio nacional, según el grado de acceso, uso y conocimientos sobre las TIC, la entidad federativa con mayor desarrollo fue la Ciudad de México. En tanto, Durango, Guerrero y Chiapas se posicionaron como las más rezagadas. Asimismo, estos autores revelaron que 14 demarcaciones del país se ubicaron en el nivel de desarrollo de TIC considerado como medio-alto, seis; en el nivel alto y solo cuatro en el nivel bajo. En términos generales, identificaron que aquellos espacios mejor posicionados coincidieron con las jurisdicciones con mejores condiciones socioeconómicas ubicadas en el norte de México; un escenario completamente opuesto al que predomina en el sur.

Guerrero es un ejemplo de las condiciones socioeconómicas desfavorables que suelen prevalecer en esa parte de la República Mexicana. En la entidad, el grado promedio de escolaridad de la población mayor a 15 años es de 8.4 (un poco más del segundo grado de secundaria), lo que lo coloca por debajo de la media nacional (9.7). Asimismo, 12% de las personas con 15 años y más no saben leer ni escribir; en el país, el porcentaje de analfabetismo es 5. Otros datos sintomáticos del escenario suriano complejo son los siguientes: 12% de la población, en ese rango de edad, no tiene ningún grado de escolaridad, 51% no tiene la educación básica terminada, solo 22% concluyó la educación media superior y 16% el nivel superior (INEGI, 2020).

En la entidad, los municipios cuya dinámica económico-productiva se ha beneficiado del impulso federal, estatal y del capital privado, orientado a actividades como el turismo, la minería y/o las agroindustrias, son: Acapulco, Iguala, Zihuatanejo, Taxco y Zumpango del Río. Algunos más tienen relevancia territorial por su función político-administrativa (Chilpancingo) o por su papel fundamental en el abastecimiento regional de bienes y servicios (Tixtla, Tlapa, Arcelia, Teloloapan, Atoyac de Álvarez, Petatlán). En tanto, un número importante de municipios alberga asentamientos humanos pequeños, dispersos y escasamente articulados por algún tipo de vía de comunicación, y poseen cantidades sustanciales de población en situación de pobreza y vulnerabilidad social (García, 2020).

## METODOLOGÍA

La presente investigación muestra los contrastes territoriales relacionados con el acceso de la población acapulqueña a las TIC. Se utilizó el Valor Índice Medio (VIM) para ponderar esta condición al interior de las 505 AGEB en que se divide esta ciudad guerrerense. La información estadística fue tomada del Censo de Población y Vivienda 2020; en particular, se emplearon las variables en torno al número de viviendas habitadas con alguno de los equipos electrónicos o servicios siguientes:<sup>1</sup> 1) radio, 2) televisión, 3) computadora, 4) línea telefónica, 5) teléfono celular, 6) televisión de paga y 7) servicio digital de contenido multimedia. Con base en estos datos se determinaron los indicadores que se muestran en la tabla 1.

**Tabla 1. Indicadores utilizados para ponderar el acceso a TIC**

<i>Indicador</i>	<i>Fórmula/variables</i>
<b>PVHR</b>	$PVHR = \frac{TVHRjt}{TVHjt} * 100$ <p>Donde:                      = porcentaje de viviendas habitadas que cuentan con radio                      = número total de viviendas habitadas que cuentan con radio, en la unidad de análisis j, en el año t                      = número total de viviendas habitadas, en la unidad de análisis j, en el año t</p>
<b>PVHTV</b>	$PVHTV = \frac{TVHTVjt}{TVHjt} * 100$ <p>Donde:                      = porcentaje de viviendas habitadas que cuentan con televisión                      = número total de viviendas habitadas que cuentan con televisión, en la unidad de análisis j, en el año t                      = número total de viviendas habitadas, en la unidad de análisis j, en el año t</p>
<b>PVHPC</b>	$PVHPC = \frac{TVHPCjt}{TVHjt} * 100$ <p>Donde:                      = porcentaje de viviendas habitadas que cuentan con computadora                      = número total de viviendas habitadas que cuentan con computadora, en la unidad de análisis j, en el año t                      = número total de viviendas habitadas, en la unidad de análisis j, en el año t</p>

Continúa...

<sup>1</sup> La selección de los equipos electrónicos, de cómputo y servicios se hizo con base en aquellos considerados en la puesta en práctica de las actividades escolares vía remota durante el confinamiento derivado de la pandemia de COVID-19.

<b>PVHLT</b>	$PVHLT = \frac{TVHLT_{jt}}{TVH_{jt}} * 100$ <p>Donde:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>= porcentaje de viviendas habitadas que cuentan con línea telefónica</li> <li>= número total de viviendas habitadas que cuentan con línea telefónica, en la unidad de análisis j, en el año t</li> <li>= número total de viviendas habitadas, en la unidad de análisis j, en el año t</li> </ul>
<b>PVHTC</b>	$PVHTC = \frac{TVHTC_{jt}}{TVH_{jt}} * 100$ <p>Donde:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>= porcentaje de viviendas habitadas que cuentan con teléfono celular</li> <li>= número total de viviendas habitadas que cuentan con teléfono celular, en la unidad de análisis j, en el año t</li> <li>= número total de viviendas habitadas, en la unidad de análisis j, en el año t</li> </ul>
<b>PVHIN</b>	$PVHIN = \frac{TVHIN_{jt}}{TVH_{jt}} * 100$ <ul style="list-style-type: none"> <li>= porcentaje de viviendas habitadas que cuentan con internet</li> <li>= número total de viviendas habitadas que cuentan con internet, en la unidad de análisis j, en el año t</li> <li>= número total de viviendas habitadas, en la unidad de análisis j, en el año t</li> </ul>
<b>PVHTVP</b>	$PVHTVP = \frac{TVHTVP_{jt}}{TVH_{jt}} * 100$ <p>Donde:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>= porcentaje de viviendas habitadas que cuentan con televisión de paga</li> <li>= número total de viviendas habitadas que cuentan con televisión de paga, en la unidad de análisis j, en el año t</li> <li>= número total de viviendas habitadas, en la unidad de análisis j, en el año t</li> </ul>
<b>PVHSD</b>	$PVHSD = \frac{TVHSD_{jt}}{TVH_{jt}} * 100$ <p>Donde:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>= porcentaje de viviendas habitadas que cuentan con acceso a servicio digital de contenido multimedia</li> <li>= número total de viviendas habitadas que cuentan con acceso a servicio digital de contenido multimedia, en la unidad de análisis j, en el año t</li> <li>= número total de viviendas habitadas, en la unidad de análisis j, en el año t</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia, 2021.

*El índice de acceso a las TIC requirió lo siguiente:<sup>2</sup>*

1) construir una matriz con los indicadores para cada AGEB (tabla 2); 2) calcular la media aritmética y la desviación típica del conjunto de datos asociados con cada indicador; 3) tipificar los valores originales de la matriz (se resta la media aritmética a los valores de los indicadores y el resultado se divide entre la desviación típica) (tabla 3); 4) calificar los valores tipificados con base en los rangos calculados para el conjunto de datos (tablas 4 y 5); 5) calcular el VIM (resulta del promedio de los ocho valores tipificados que caracterizan a cada AGEB) (tabla 6); 6) calificación cualitativa del VIM con base en los rangos calculados para este (García de León, 2006) .

Tabla 2. Ejemplo de la matriz de indicadores

AGEB	PVHR	PVHTV	PVHPC	PVHLT	PVHTC	PVHIN	PVHTVP	PVHSD
0034	72.61	92.04	24.95	42.14	91.83	51.38	21.66	5.41
0049	48.06	92.96	29.18	37.24	90.82	53.47	25.61	9.18
0053	23.78	31.40	20.73	9.45	32.32	22.87	15.85	9.45
0091	60.32	90.38	56.75	56.85	95.63	69.05	52.68	24.31
Media	58.54	86.11	26.08	30.42	87.86	44.10	31.75	9.52
Desviación	17.21	16.21	18.86	17.41	15.27	21.96	21.42	10.73

Fuente: Elaborado con base en INEGI, 2020.

Tabla 3. Ejemplo de los indicadores tipificados

AGEB	PVHR	PVHTV	PVHPC	PVHLT	PVHTC	PVHIN	PVHTVP	PVHSD
0034	0.82	0.37	-0.06	0.67	0.26	0.3	-0.47	-0.07
0049	-0.61	0.42	0.16	0.39	0.19	0.4	-0.29	0.33
0053	-2.02	-3.37	-0.28	-1.20	-3.64	-1.0	-0.74	0.36
0091	0.10	0.26	1.63	1.52	0.51	1.1	0.98	1.92
0104	1.04	0.55	0.62	1.29	0.11	1.2	0.53	0.82

Fuente: Elaborado con base en INEGI, 2020.

<sup>2</sup> Esta secuencia también fue utilizada para determinar un índice de acceso a las TIC a nivel de entidades federativas y en los 81 municipios del estado de Guerrero.

**Tabla 4. “Calificaciones” para valores tipificados<sup>3</sup>**

<i>Calificación</i>	<i>Rango de aplicación</i>
1	Menor a -1.0
2	Entre -1.0 y -0.50
3	Entre -0.51 y 0.50
4	Entre 0.51 y 1.0
5	Mayor a 1.0

Fuente: Elaborado con base García de León, 2006.

**Tabla 5. Ejemplo de la calificación de los indicadores utilizados**

AGEB	PVHR	PVHTV	PVHPC	PVHLT	PVHTC	PVHIN	PVHTVP	PVHSD
0034	4	3	3	4	3	3	3	3
0049	2	3	3	3	3	3	3	3
0053	1	1	3	1	1	2	2	3
0091	3	3	5	5	4	5	4	5

Fuente: Elaborado con base en las tablas 3 y 4 (2021).

**Tabla 6. Ejemplo del cálculo del Valor índice medio (VIM)**

AGEB	PVHR	PVHTV	PVHPC	PVHLT	PVHTC	PVHIN	PVHTVP	PVHSD	VIM
34	4	3	3	4	3	3	3	3	3.3
49	2	3	3	3	3	3	3	3	2.9
53	1	1	3	1	1	2	2	3	1.8
91	3	3	5	5	4	5	4	5	4.3

Fuente: Elaborado con base en la tabla 6 (2021).

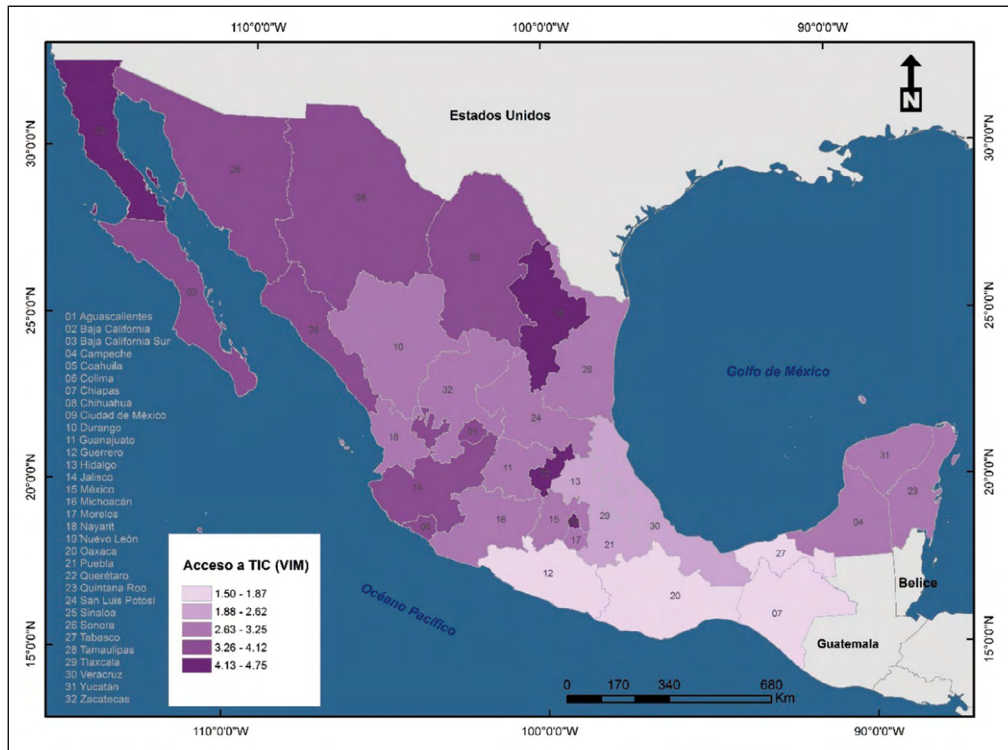
<sup>3</sup> Las calificaciones 1, 2, 3, 4, 5 son relativamente arbitrarias. Únicamente son indicativas de la distancia de la variable original, de una unidad territorial, con respecto al valor de la media aritmética. Esto da pauta para ponderar esos valores originales, ya que podrían darse los valores 1, 2 y 3 a los casos bajos y medios, pero asignar 6 (en lugar de 4) a los casos superiores a la media y 10 (en lugar de 5) a los casos muy superiores a la media, para destacar sin duda (aunque rara vez hace falta sobredimensionar esta ponderación) aquellos muy elevados (García de León, 2006).

## RESULTADOS

La ciudad de Acapulco se ubica en el municipio homónimo del estado de Guerrero, al sur de la República Mexicana. Su extensión territorial es de 119 km<sup>2</sup> y cuenta con 658 609 habitantes, lo que le confiere una densidad demográfica de 7 923 habitantes por km<sup>2</sup>, por arriba de la media nacional (64.3) e incluso superior a la población relativa de la Ciudad de México (6 163) (INEGI, 2020). Este asentamiento guerrerense es el sitio más habitado de la entidad debido a su importancia económica como uno de los principales destinos turísticos del país, lo que ha dado lugar a un escenario socio-territorial con marcadas diferencias entre los espacios reservados para los visitantes y aquellos en los que la población local desempeña sus actividades cotidianas.

Las TIC han jugado un papel notable en el desarrollo de las actividades laborales y escolares virtuales realizadas durante la pandemia. Desafortunadamente, el nivel de acceso a ellas evidencia diferencias territoriales sustanciales. En México, de acuerdo con el sustento metodológico y los indicadores ya expuestos, cuatro estados tienen acceso muy alto a las TIC (12.5% del país) y la condición alta corresponde a ocho entidades (25%). En ambos casos, la mayoría de las jurisdicciones se ubican en el norte. La condición media, 12 jurisdicciones (37.5%), es frecuente en el centro del país y en la península de Yucatán. En contraste, la condición baja y muy baja corresponde al sur del país, en total ocho jurisdicciones (25%); Tabasco (1.8), Guerrero (1.6), Chiapas (1.5) y Oaxaca (1.5) son las demarcaciones con los puntajes más bajos (figura 1).

Figura 1. República Mexicana: Índice de acceso a TIC, 2020



Fuente: Elaborado con base en INEGI, 2020.

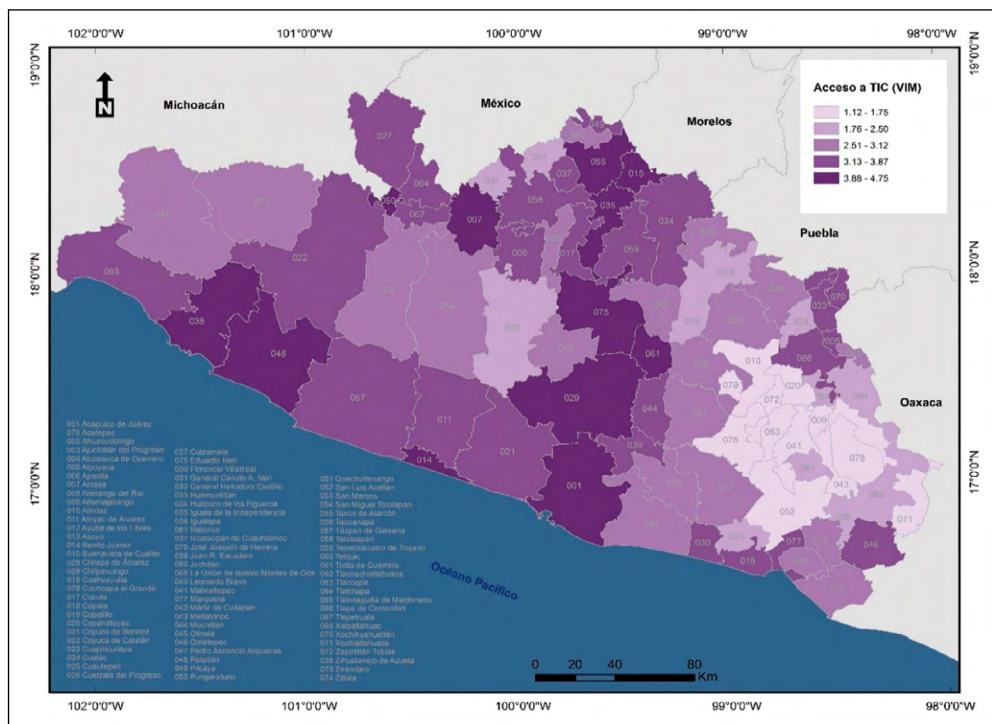
En Guerrero existen 939 989 viviendas habitadas, 80.8% de estas cuenta con televisor, 76.1% con teléfono celular, 50.0% con algún aparato o dispositivo para oír radio, 36.5% servicio de televisión de paga, 31.7% con Internet, 26.9% con línea telefónica fija, 20.4% con computadora, laptop o tablet y 6.1% tiene acceso a servicio digital multimedia. A nivel municipal, Acapulco presenta 223 481 viviendas habitadas, 89.0% disponen de TV; 87.3 % teléfono celular, 58.1% algún dispositivo para oír radio; 47.7% de internet; 35.9% de línea telefónica fija; 33.9% de servicio de televisión de paga: 29.2 % de equipo de cómputo y 11% servicio de películas, música o videos de paga por Internet (INEGI, 2020).

Según el índice calculado a nivel municipal, en el estado de Guerrero, 15 demarcaciones tienen muy alto acceso a las TIC (18.5% del total de circunscripciones que componen a la entidad), 25 municipios muestran una condición alta (30.8% del

total estatal), 17 municipios tienen acceso medio (21% del total estatal), 12 municipios poseen un acceso bajo y 12 más reportan una condición muy baja. En conjunto, estas últimas 24 unidades territoriales representan 29.6% de las circunscripciones guerrerenses.

Las jurisdicciones mejor posicionadas son (en orden de importancia): Iguala, Acapulco, Chilpancingo, Pungarabato y Taxco. Se trata de los principales espacios con relevancia económica y demográfica de la entidad. En contraste, aquellas regiones con las condiciones socioeconómicas más adversas, tal es el caso de La Montaña, se asocian con las demarcaciones con los puntajes más bajos, por ejemplo: Atlixac (1.25), Cochoapa el Grande (1.25), Acatepec (1.12), Atlamajalcingo del Monte (1.12) y Zapotitlán Tablas (1.12) (figura 2).

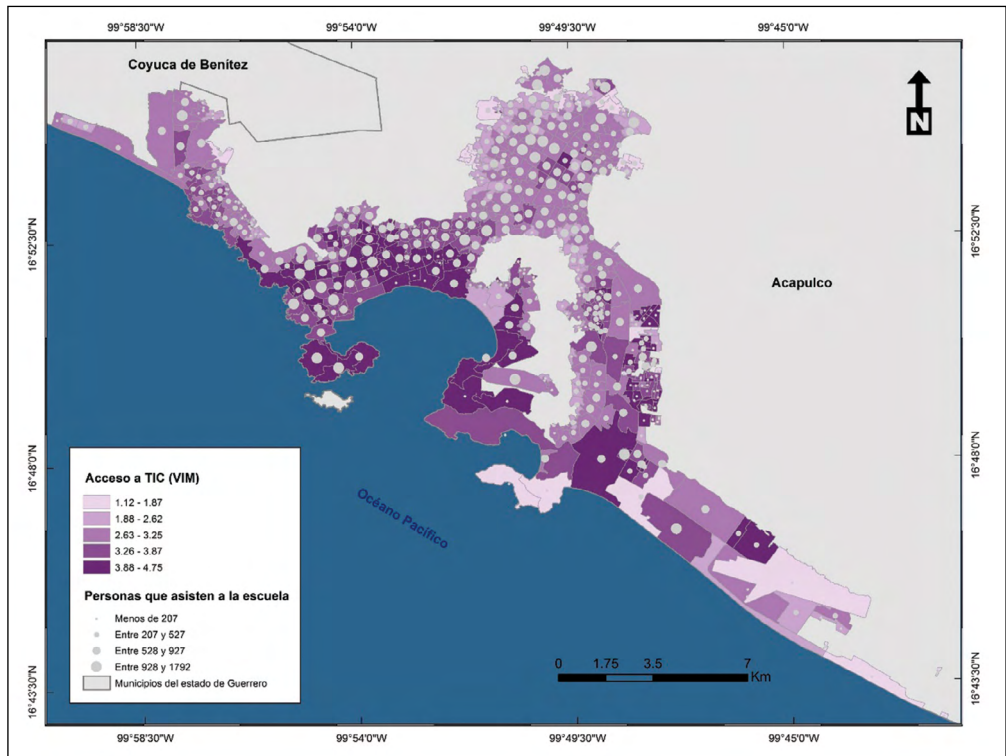
Figura 2. Estado de Guerrero: Índice de acceso a TIC, 2020



Fuente: Elaboración propia con base en INEGI, 2020.

Se acuerdo con el método del VIM, el acceso a las TIC en las unidades espaciales de análisis de la ciudad de Acapulco se puede agrupar de la manera siguiente: 1) condición muy baja (24 AGEb, 4.6% del total analizado); 2) condición baja (95 AGEb, 18.8%); 3) condición media (175 AGEb, 34.7%); 4) condición alta (108 AGEb, 21.4%); y 5) condición muy alta (103 AGEb, 20.4% del total analizado) (figura 3). Es conveniente señalar que en las demarcaciones del primer grupo habitan 1 260 personas que asisten a la escuela (0.6% del total registrado en la ciudad), en las jurisdicciones del segundo grupo; 16 333 personas (8.2%), en las AGEb del tercer grupo; 81 246 personas (40.8%) en las unidades territoriales con condición alta; 51 143 personas (25.7%); y en el último grupo, 49 048 personas (24.6%).

Figura 3. Ciudad de Acapulco: Índice de acceso a TIC, 2020



Fuente: Elaboración propia con base en INEGI, 2020.

En términos generales, las AGEB con muy bajo acceso a las TIC se localizan en la periferia de la ciudad de Acapulco, esto es, en la sección norte de dicho asentamiento guerrerense, así como en el extremo oriental (el área de transición a la parte rural del municipio). Las unidades territoriales en condición baja son más frecuentes al noroeste y este de la mancha urbana. En tanto, la condición media tiene presencia significativa en el área norte, oriente y en el extremo occidental (en la parte limítrofe urbano-rural localizada entre los municipios de Acapulco y Coyuca de Benítez). Por último, las demarcaciones con alto y muy alto acceso a TIC constituyen un conglomerado notable en las zonas que circundan a la bahía acapulqueña; en particular, en la parte sur-oriente del puerto.

#### CONSIDERACIONES FINALES

El presente capítulo se suma a las investigaciones que han analizado el acceso de la población a las TIC desde la perspectiva territorial. El procesamiento de la información contenida en el Censo de Población 2020, con base en la metodología del VIM y la elaboración de cartografía con los resultados derivados de esta, dieron pauta para identificar las asimetrías presentes en el territorio nacional, en el estado de Guerrero y en la ciudad de Acapulco. *Grosso modo*, da cuenta del escenario adverso en materia de acceso a las TIC en buena parte de las entidades del sur de México. Entre ellas, Guerrero, que a nivel municipal muestra diferencias importantes entre las demarcaciones sin actividades productivas relevantes y aquellas consideradas estratégicas para la dinámica económica-estatal, tal es el caso de Acapulco, descrito como uno de los municipios con muy alto acceso a las TIC.

En ese sentido, el acceso diferenciado a las TIC advierte un carácter estructural derivado de las disparidades económicas, políticas, sociales, culturales, de género, generacionales, geográficas, entre otras, las cuales suelen estar presentes en un territorio concreto y se exacerban con eventos coyunturales como la pandemia de COVID-19 (Ambrosi, *et al.*, 2005; Alva, 2015). Dicho esto, la puesta en práctica de modelos de instrucción formal que demandan un acceso y uso significativo de TIC, sin tomar en cuenta las particularidades socio-territoriales de cada espacio, resulta éticamente cuestionable debido a que excluye a segmentos de la población.

Como se mencionó en la introducción de este capítulo, inclusive sin ponderar la capacidad de las personas para utilizar TIC o la calidad de estas, los escasos niveles de acceso a las mismas son por sí solos una limitante para las actividades educativas con carácter incluyente. No obstante, es importante que en futuras investigaciones sobre el estado de Guerrero se incorporen algunos de los elementos siguientes: 1) el apoyo educativo específico según las necesidades de espacios concretos; 2) el papel de los recursos y hábitos de estudio en casa; 3) el nivel de preparación de los padres y estudiantes requerido para la enseñanza-aprendizaje en el hogar; y 4) la capacidad técnica para emplear las TIC en el contexto de las actividades educativas a distancia (García, *et al.*, 2020).

Finalmente, es pertinente mencionar que los resultados de esta investigación concuerdan, en términos generales, con los hallazgos del Índice de Desarrollo TIC para México (IDTMex) propuesto por Thirión y Valle (2017). Asimismo, se debe hacer énfasis en lo valioso que resulta el empleo de distintas escalas de análisis (nacional, estatal, municipal), debido a que dan contexto a la lectura de los escenarios que gravitan en torno a la dimensión local, pero también con base en esta última es posible obtener una imagen que reconfigura la concepción de una demarcación posicionada en los últimos lugares a nivel nacional, al interior de la cual existen contrastes importantes. Tal es el caso de la ciudad de Acapulco, en donde 50% de la población que asiste a la escuela habita en demarcaciones con acceso alto y muy alto a TIC, 40.8% en unidades espaciales con condición media, y menos de 10% en jurisdicciones con condición baja y muy baja.

## REFERENCIAS

- Alcalá, M. (2020). Retos del derecho de acceso a las tecnologías de la información y comunicación para la alfabetización y aprendizaje digital en México durante el COVID-19. *Revista Ius Comitiālis*, 3 (6), pp. 7-35.
- Alva, A. (2015). Los nuevos rostros de la desigualdad en el siglo XXI: la brecha digital. *Revista Mexicana de Ciencias Políticas y Sociales*. LX (223), pp. 265-286.
- Ambrosi, A., et al. (2005). *La Brecha digital*. Disponible en: <https://analfatecnicos.net/archivos/96.LaBrechaDigital-PalabrasEnJuego-KenlyCamacho.pdf> [Consultado el 14 de marzo de 2021].
- Cabero, J. y Ruiz, J. (2017). Las Tecnologías de la Información y Comunicación para la inclusión: reformulando la brecha digital. *IJERI: International Journal of Educational Research and Innovation*, 9, pp. 16-30.
- García de León, A. (2006). *Yucatán 1990-2000: evaluación del bienestar municipal y Regional a partir de las condiciones físicas de las Viviendas*. Disponible en: <http://www.eumed.net/jirr/1/AMECIDER2006/PARTE%201/70%20Armando%20Garcia%20de%20Leon%20Loza.pdf> [Consultado el 10 de abril de 2021].
- García, N. (2020). *La estructura territorial de la economía guerrerense: una interpretación geográfica*. Ciudad de México: Porrúa-Print.
- García, N., et al. (2020). Brecha digital en tiempo del COVID-19. *Hekademos: Revista Educativa Gigital*. XIII (28), pp. 76-85.
- INEGI (2020). *Censo de Población y Vivienda 2020*. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#Tabulados> [Consultado el 23 de marzo de 2021].
- Lloyd, M. (2020). *Desigualdades educativas y la brecha digital en tiempos de COVID-19*. Disponible en: [http://132.248.192.241:8080/jspui/bitstream/IISUE\\_UNAM/546/1/LloydM\\_2020\\_Desigualdades\\_educativas.pdf](http://132.248.192.241:8080/jspui/bitstream/IISUE_UNAM/546/1/LloydM_2020_Desigualdades_educativas.pdf) [Consultado el 12 de enero de 2021].
- Kaztman, R. (2000). *Notas sobre la medición de la vulnerabilidad social*. CEPAL. Disponible en: <http://www.cepal.org/deype/mecovi/docs/taller5/24.pdf> [Consultado el 20 de enero de 2021].
- Thirión, J. y Valle, J. (2017). La brecha digital y la importancia de las tecnologías de la información y la comunicación en las economías regionales de México. *Realidad, datos y espacio. Revista Internacional de Estadística y Geografía*. 9 (2), pp. 38-53.

UNICEF (2020a). *Dos tercios de los niños en edad escolar del mundo no tienen acceso a Internet en el hogar*. Disponible en: <https://www.unicef.org/es/comunicados-prensa/dos-tercios-ninos-edad-escolar-mundo-no-tienen-acceso-internet-en-hogar> [Consultado el 20 de enero de 2021].

UNICEF (2020b). *La falta de igualdad en el acceso a la educación a distancia en el contexto de la COVID-19 podría agravar la crisis mundial del aprendizaje*. Disponible en: <https://www.unicef.org/es/comunicados-prensa/la-falta-de-igualdad-en-el-acceso-la-educaci%C3%B3n-distancia-en-el-contexto-de-la> [Consultado el 17 de febrero de 2021].

# CARTOGRAFÍA DEL DERECHO A LA ACCESIBILIDAD DE LAS PERSONAS CON DISCAPACIDAD EN MÉXICO ANTE LA PANDEMIA

*Eska Elena Solano Meneses\**

## RESUMEN

La pandemia de COVID-19 ha vulnerado los derechos de las personas con discapacidad (PCD) en materia de accesibilidad. El concepto de accesibilidad universal, si bien se asocia a los entornos físicos, también refiere al goce de derechos que garanticen en las PCD una vida independiente y participativa. La etapa inicial que tienen los estados para implementar acciones es la generación de políticas públicas. En consideración de su importancia se hace una breve revisión histórica sobre las mismas en materia de discapacidad.

Incluyo en este trabajo una cartografía de las condiciones que las PCD han enfrentado durante los últimos seis meses en dos etapas: 1) Una etapa de “estricto” confinamiento como cumplimiento a demandas internacionales; 2) Una segunda etapa de reapertura “gradual” como cesión ante presiones económicas encabezadas por la iniciativa privada.

Esta cartografía deconstruye las condiciones actuales sobre accesibilidad de las PCD en materia de educación, salud, trabajo, seguridad, libre movilidad, cultura, recreación y deporte.

Finalmente, se presenta como propuesta un modelo de activismo social para enfrentar la situación de las PCD, contando con la participación clave de las instituciones universitarias, que posibiliten la articulación con la sociedad e insten a los gobiernos la operatividad de sus demandas.

Palabras clave: Derechos humanos, discapacidad, pandemia.

---

\* eesolanome@uaemex.mx / eskasolano@gmail.com Universidad Autónoma del Estado de México. Centro de investigación en Arquitectura y Diseño.

## ABSTRACT

The COVID-19 pandemic has violated the rights of people with disabilities (PwD), in terms of accessibility. Although the concept of universal accessibility is associated with physical environments, it also refers to the enjoyment of rights that guarantee an independent and participatory life in PwD. The initial stage that states must implement actions is the generation of public policies. In consideration of their importance, a brief historical review is made of them in terms of disability.

I include in this work a cartography of the conditions that PwD have faced during the last six months in two stages: 1) A stage of “strict” confinement in compliance with international demands; 2) A second stage of “gradual” reopening as an assignment in the face of economic pressures led by private initiative.

This cartography deconstructs the current conditions on PwD accessibility in education, health, work, security, free mobility, culture, recreation, and sports.

Finally, a model of social activism is presented as a proposal to face the situation of PwD, with the key participation of university institutions, which integrate the different sectors of society and urge governments to make their demands operational.

Keywords: Human rights, disability, pandemic.

## INTRODUCCIÓN

La cartografía se encarga de construir mapas que permiten un conocimiento más exacto de alguna zona geográfica del planeta.

Hoy entendemos el mapa como una representación abstraída de la realidad, que muestra lo que ocurre en un espacio geográfico, el cual puede ser una realidad física y humana de una zona o territorio en toda su complejidad.

Bajo ese esquema, esta investigación propone desarrollar una cartografía que permita deconstruir las condiciones actuales sobre accesibilidad y su relación con la discapacidad, apoyándose en los principios de la cartografía social, que posibilita una mirada más profunda y humana.

Se toma como eje el Artículo 9 sobre la accesibilidad como elemento fundamental de los derechos de las PCD, establecido en la Convención sobre los Derechos de las PCD (CDPCD), y con esa veladura se revisan tanto aspectos normativos como la realidad inmediata de las PCD en México en el contexto de la crisis detonada por la COVID-19.

Se concluye la necesaria intervención articulada de sectores como el gobierno, la sociedad civil junto con sus diversas organizaciones y la universidad como el gran engranaje para defender y legitimar los derechos de las PCD.

## OBJETIVO

Este estudio retoma el concepto de cartografía social, entendida como la herramienta que permite mapear un territorio analizando aspectos catalogados como acciones, objetos y los posibles conflictos entre ellos (Diez, 2012), asociando datos reales para la interpretación de un colectivo.

Bajo este sustrato, el presente estudio propone desarrollar una cartografía que permita deconstruir las condiciones actuales sobre accesibilidad de las personas con discapacidad, apoyándose en la evaluación de las políticas públicas sobre discapacidad en México en su contrastación con la realidad imperante en este 2020, año en que la pandemia desnuda una realidad que se recrudece en este contexto: la vulneración del derecho a la accesibilidad de las PCD marcado en la Convención sobre los derechos de las personas con discapacidad, que en su Artículo 9 establece que los países firmantes se comprometen a adoptar medidas que aseguren el acceso en igualdad de condiciones a las personas con discapacidad tanto en el entorno físico, así como al transporte, la información y las comunicaciones, y demás servicios e instalaciones (ONU, 2007), condiciones mismas que constituyen el eje de análisis del presente estudio.

## METODOLOGÍA

La metodología de trabajo para este análisis se apoya en la cartografía social que, desde un enfoque social, ha retomado el concepto de la Geografía replanteando un mapa de construcción social que subsume contextos desde lo político, cultural, ideológico, etc. (López, 2012) y no una mera referencia territorial de carácter técnico. Se pretende que la reflexión desarrollada en este trabajo se construya confrontando a la población y su problemática con su territorio, para construir un conocimiento integral del espacio geográfico que se habita y finalmente entender que el territorio es un constructo social.

Esta metodología permite un conocimiento más integral de las comunidades que se apoya en instrumentos vivenciales con un enfoque colectivo, y que se plasma en una transcripción de experiencias de lugares acotados para analizar a profundidad los problemas sociales.

En analogía con la investigación-acción-participativa como modelo de intervención, las etapas del presente estudio implican:

*Abordaje temático.* Corresponde a determinar los fenómenos observados en un espacio y contexto acotado, que en este caso corresponde a la accesibilidad con enfoque de discapacidad en el período que coincide con el brote de la pandemia por COVID-19, fenómeno observado en el primer semestre de 2020.

*Observación.* Se sujeta a una observación documental y vivencial, tomando como base los reportes generados por organizaciones no gubernamentales, por el gobierno, así como reportes internacionales.

*Análisis.* Se realizó a través de contrastación entre los discursos oficiales y la realidad percibida por los colectivos y la experiencia misma en el contexto de la pandemia, y que se derivó, por un lado, en su cara normativa y, por el otro, en la implementación real en aspectos como educación, salud, trabajo, seguridad, libre movilidad, cultura, recreación y deporte; con la intención de una comprensión de un espectro amplio, pero de manera profunda.

*Reflexión.* Permite establecer una postura clara, producto de la deconstrucción realizada, y que posibilita un conocimiento más amplio de las condiciones de la accesibilidad para las PcD en el entorno provocado por la aparición y propagación del SARS-CoV-2.

*Propuesta de acción.* Da sentido al estudio marcando la conducta en prospectiva de los diferentes actores inmersos: instituciones como el gobierno, las universidades como generadoras de profesionistas y la sociedad civil, todos enfocados en satisfacer los derechos de las PcD.

## ACCESIBILIDAD UNIVERSAL Y NORMATIVIDAD EN MÉXICO

El concepto de accesibilidad universal, si bien se asocia a los espacios y entornos físicos, también refiere al goce de derechos que garanticen en las PcD una vida independiente y participativa.

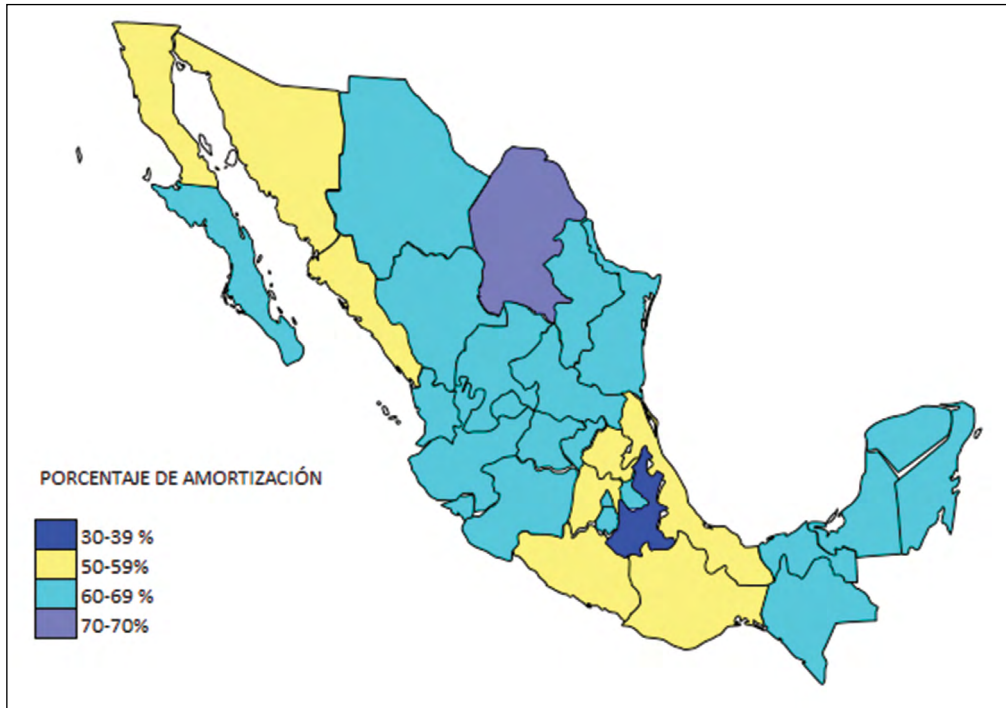
Bajo el enfoque de la accesibilidad universal, se presume que los problemas generados por la falta de accesibilidad están estrechamente relacionados con el ejercicio de derechos establecidos en la Convención de los derechos de las PCD, por lo tanto, no se atienden únicamente con la eliminación de barreras físicas, sino que su espectro es mucho más amplio.

De acuerdo con este enfoque es necesario analizar: la razón que provoca que se produzcan las barreras; cómo impedir que se vuelvan a originar; e impulsar programas y políticas públicas que consideren un enfoque de derechos, así como la igualdad de oportunidades.

Se considera fundamental el papel de las políticas públicas, mismas que debieran de ceñirse a los lineamientos y principios definidos por la CDPCD (ONU, 2007). De manera desarticulada, los gobiernos estatales han tratado de impulsar políticas públicas, que son analizadas en cuanto a su apego y pertinencia con las demandas desprendidas de la CDPCD. Al respecto, la normatividad analizada existente hasta 2018, muestra un gran rezago en lo que se denomina Armonización Normativa en materia de accesibilidad, reflejo de la relación que guarda con otras disposiciones jurídicas de la CPDP (CNDH, 2018).

El mapa de México muestra la situación que guardan las diferentes entidades en relación con el porcentaje de amortización normativa en materia de accesibilidad, mostrando que en su gran mayoría no cumplen de manera adecuada con los acuerdos internacionales.

Ilustración 1. Porcentaje de Amortización Normativa en materia de accesibilidad en México



Fuente: Elaboración propia, 2020.

## POLÍTICAS PÚBLICAS Y DERECHOS DE LAS PCD EN MÉXICO

Las raíces normativas de la discapacidad en México anteceden a la Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad (ONU, 2007) ratificada en nuestro país en 2008. Aun antes de la firma de este acuerdo, México ya contaba con un Programa Nacional para el Bienestar y la Incorporación al Desarrollo de las Personas con Discapacidad denominado CONVIVE desde 1995 (Gobierno de México, 2017). A ello se sumaron la Oficina de Representación para la Promoción e Integración Social para Personas con Discapacidad (ORPIS), y el Consejo Consultivo para la Integración de las Personas con Discapacidad (CODIS).

Hacia 2005 se promulga la Ley General para las Personas con Discapacidad (Gobierno de México, 2017), surgiendo para su operatividad el Secretariado Técnico

del Consejo Nacional para las Personas con Discapacidad (CONADIS), que actualmente es el Consejo Nacional para el Desarrollo e Inclusión de PCD.

Tras la adhesión a la Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad en 2008, la federación da a conocer el PRONADIS Programa Nacional para el Desarrollo de las Personas con Discapacidad 2009-2012 (Gobierno de México, 2014), cuyo objetivo era articular políticas públicas y coordinar estrategias en el sector público para favorecer el desarrollo integral, así como el respeto a los derechos de las PCD.

Hacia 2011 se promulga la Ley General para la Inclusión de las Personas con Discapacidad (Gobierno de México, 2017) y el CONADIS se transforma en un organismo público descentralizado. Se lanza entonces el proyecto del Registro Nacional de PCD (RENADIS) (Rello, 2015), que buscaba diseñar una metodología que permitiera integrar la información sobre discapacidad, pero desafortunadamente nunca se ejecutó. Como resultado, hoy se desconoce la cifra exacta de población CD en México. Al respecto, el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) reportó en 2018 alrededor de 7 millones de PCD (CONAPRED, 2017), es decir, 6.2% de la población total.

El debilitamiento en materia de políticas públicas en relación con la discapacidad inicia en 2013, cuando el CONADIS fue canalizado a la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) (Gobierno de México, 2017), y para 2014, da inicio el Programa Nacional para el Desarrollo y la Inclusión de las Personas con Discapacidad (PNDIPD), mismo que se diluye en 2018.

Tras su llegada, el gobierno actual transforma SEDESOL en la Secretaría de Bienestar, y convierte a CONADIS en una dirección dependiente de una de sus subsecretarías. Posteriormente, el gobierno manifiesta su posible desaparición, así como la del Consejo Nacional para Prevenir la Discriminación (CONAPRED), que fuera otro aliado en la vigilancia de los derechos de grupos vulnerados. La propuesta es que la Secretaría de Gobernación absorba sus funciones, lo que pondría en riesgo la objetividad e independencia para eliminar la discriminación en el país.

Finalmente, el gobierno impulsa un programa denominado Pensión para el Bienestar de las Personas con Discapacidad (Gobierno de México, 2019); que otorga un beneficio económico del equivalente a 51 dólares al mes, dejando una clara muestra del retroceso en materia jurídica que se traduce a un enfoque asistencialista.

El estado actual en materia normativa en México resulta preocupante. Desde su llegada en 2018, el gobierno no ha nombrado titular de CONADIS, hoy Consejo

Nacional para el Desarrollo y la Inclusión de las Personas con Discapacidad, lo que significa que no existe una coordinación que vigile por sus derechos y asegure su inclusión en todos los ámbitos.

Y en lo referente al CONAPRED, su evidente debilitamiento como organismo autónomo ha provocado la reciente renuncia de su titular y de algunos integrantes de la Asamblea Consultiva que acusan desinterés y desconocimiento del gobierno hacia la causa del combate a la discriminación.

Ilustración 2. Línea de tiempo que representa la evolución en materia de políticas públicas sobre discapacidad en México



Fuente: Elaboración propia, 2020.

## LA REALIDAD DE MÉXICO EN EL CONTEXTO DE LA PANDEMIA

En marzo de 2020, el gobierno reconoció lo crítico de la situación derivada de la pandemia de COVID-19, y al igual que varios países, se inició un periodo de confinamiento, obligándonos a buscar medios alternativos para continuar, dentro de lo posible, con las actividades habituales. A partir de ese momento, la situación de los derechos de las PCD se recrudece como se describe a continuación.

## Educación

En materia de educación, antes de la pandemia, según cifras del INEGI de 2014 (INEGI, 2016), 28.15% de PCD no tenía estudios y 24.8% con edad superior a 15 años eran analfabetas. La ya complicada situación de las PCD se vio incrementada frente a la pandemia. Súbitamente todas las instituciones educativas tuvieron que migrar a una transferencia digital, visibilizando el rezago, dado que las plataformas para interconexión digital, las páginas web y demás recursos digitales, en su mayoría, no han resultado accesibles. Y esto, sumado a criterios interseccionales, como pobreza y origen étnico, da la certeza de un panorama educativo aún más crudo de lo planteado. Acorde con datos del Consejo Nacional para la Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL), 54% de la población en nuestro país que presentan algún tipo de discapacidad motriz o intelectual, también se enfrenta con la pobreza, lo que les impide el acceso a computadoras y a Internet (Gobierno de México, 2018). Por otro lado, se considera que cerca de 1.4 millones de PCD se reconocen como indígenas en condiciones de pobreza, ajenos a la tecnología, y por tanto, a la nueva modalidad de educación.

Ilustración 3. Datos porcentuales que describen las condiciones de las PCD, como resultado de la falta de accesibilidad



Fuente: Milenio (Rello, 2015)

Tras la infructuosa experiencia de una etapa de confinamiento, el gobierno ha impulsado el programa Aprende en Casa, con el que arranca el nuevo ciclo escolar. A partir del 24 de agosto de 2020 se inició la transmisión en televisión y radio de los contenidos educativos preuniversitarios, buscando disminuir el rezago causado por la falta de acceso a computadoras e Internet. Este programa nuevamente excluye a los alumnos con discapacidad, pues, aunque las transmisiones en TV cuentan con Lengua de Señas Mexicana y fueron impresos libros de texto gratuitos en Braille y macrotipo; era necesario considerar la inclusión de maestros de educación especial en el proceso del diseño didáctico, y proponer otras alternativas a la educación a distancia, teniendo como enfoque los requerimientos de los alumnos con discapacidad intelectual o cognitiva.

### *Salud*

En lo referente a la salud, la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha señalado que existe una relación de vulnerabilidad entre la discapacidad y la COVID-19 (OMS 2020) debido a que algunos tipos de discapacidad se asocian con enfermedades de inmunosupresión, lo que puede complicar su estado de salud, y que amén de esta condición, más de la mitad de las personas con discapacidad son adultos mayores, ubicándolos en un mayor riesgo.

Es de todos conocidas las alarmantes cifras de contagios en México, que penosamente al mes de noviembre de 2020 ocupaba el décimo primer lugar de casos confirmados a nivel mundial, con 1 078 594 personas contagiadas, y el cuarto lugar mundial en fallecimientos por esta causa, con 104 242 personas fallecidas, lo que nos daría un estimado de 66 872 PCD contagiadas y cerca de 6 463 fallecidas.

Como respuesta, recientemente el gobierno dio a conocer la Guía para la Protección de la Salud de las Personas con Discapacidad, misma que manifestaba la necesidad de considerar medidas especiales para prevenir contagios ante la nueva normalidad en las condiciones particulares de las PCD, así como la importancia de las necesarias adaptaciones a los sistemas de comunicación y plataformas digitales, pero sin resolver económicamente dichas adecuaciones.

Otro aspecto menos visible se relaciona con los cuidados requeridos por grupos de PCD, dado que muchos de ellos se quedaron sin atención debido al confinamiento

y ante la imposibilidad de conservar la sana distancia entre cuidadores y las PcD con casos severos, como recomiendan las autoridades sanitarias.

### *Trabajo*

El INEGI estima que 39% de las personas con discapacidad entre 15 años o más se encuentran desempeñando alguna actividad laboral (INEGI, 2016). De este grupo, 70% no cuenta con prestaciones sociales o corresponde a autoempleo, y el escaso porcentaje de PcD que acceden a un empleo formal, enfrenta una brecha salarial entre personas sin discapacidad, de hasta 151% (Márquez y Reyes, 2015).

El confinamiento enfrentó a este sector no protegido, a decidir entre confinarse y no tener ingresos, o romper el confinamiento, con todos los riesgos que ello implica. Como consecuencia, la CEPAL ha pronosticado un aumento de 7 puntos porcentuales de pobreza (Reuters, 2020), lo que arrojaría una cifra de 60% de población CD en esa situación.

### *Seguridad*

En materia de seguridad, Human Rights Watch señaló la falta de ajustes para brindar una adecuada protección, autonomía y accesibilidad en materia de justicia (sin intérpretes en los juzgados) de las PcD (Human Rights Watch, 2020). En ese sentido, cabe aclarar que la pensión del gobierno se otorga únicamente a 14% de la población CD y que muchas son condicionadas a la existencia de un cuidador que las administre. La ausencia de otros servicios como vivienda, transporte accesible, y asistentes profesionales también impide que vivan de manera independiente.

### *Libre movilidad*

En lo referente a la libre movilidad ya antes de la pandemia, se apreciaba el incumplimiento en cuanto a accesibilidad contraído por México. Además, el limitado concepto de accesibilidad que maneja el gobierno generalmente refiere a barreras físicas

en el entorno; sin considerar la importancia de la accesibilidad a la comunicación e información, que implica la obligatoriedad de contar con materiales en formatos accesibles y sistemas alternativos.

Desde el inicio de la emergencia quedó evidencia que las personas con discapacidad no estaban recibiendo la misma información que las personas sin discapacidad, y que en su mayoría no estuvo disponible en lengua de señas, ni en formatos accesibles, con mensajes de texto, lectura fácil y lenguaje sencillo.

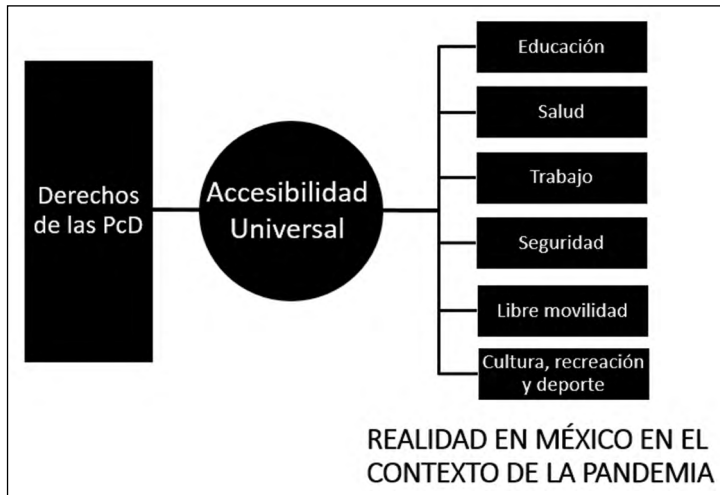
### *Recreación, cultura y deporte*

En lo referente a la recreación, cultura y deporte, toda actividad estuvo restringida, para evitar concentraciones que incrementaran los contagios. Esta medida incluyó espacios públicos, parques y plazas; a pesar de las demandas de padres con hijos autistas, cuyas necesidades impiden el encierro, dados los niveles de desesperación que este les provoca.

Finalmente, en julio de 2020 y ante la presión del sector empresarial y de las personas sin empleo formal, México declaró una etapa de desconfinamiento sin importar el costo en vidas humanas, esto a pesar de los señalamientos de la OMS que advirtió a México del peligro que esto significa (France 24, 2020).

Ante la presionada reactivación económica y aún en pleno pico de contagios, se reabren espacios como centros comerciales, restaurantes, cines, teatros, museos, templos religiosos, parques, etc., bajo un esquema de sana distancia y con un aforo de 30%. Sin embargo, el entorno para las PCD los vuelve a vulnerar, ya que no se han realizado ajustes para garantizar una movilidad segura, no se han hecho ajustes a acciones táctiles de obligado contacto (como el braille) e implementado sensores ópticos, no se han hecho cambios en señalética adaptada, no se han eliminado barreras físicas que garanticen la movilidad sin tener que tocar objetos y ayudas técnicas para desplazamiento, no se ha modificado el mobiliario bajo criterios de seguridad tanto por los materiales y su limpieza, no se está cuidando la accesibilidad para lavarse las manos ni que los espacios peatonales posibiliten la sana distancia, no se ha reparado en el cuidado de barreras de comunicación con el cubrebocas, etc. Atender la deuda pendiente en este momento resulta imprescindible.

Ilustración 4. Aspectos deconstruídos sobre las condiciones actuales en materia de accesibilidad de las PcD en México durante el período de pandemia



Fuente: Elaboración propia, 2020.

#### ACTIVISMO SOCIAL COMO MOTOR DE TRANSFORMACIÓN EN MATERIA DE DERECHOS PARA LAS PC D

La importancia del activismo, acorde con Oliver (1984), es su capacidad de promover la participación y la pluralidad para confrontar los desafíos de la sociedad. Por su parte, Jvoshev (2010) agrega que el activismo social es una estrategia para conquistar cambios sociales y el desarrollo de la participación de los actores; con beneficios en dos escalas:

- Primero, en una dimensión macro, ya que el activismo resulta determinante para impulsar la generación de políticas y promover un cambio a nivel social.
- Segundo, en una dimensión micro, el activismo influye en la transformación individual, dado que se construye con el compromiso y la toma de conciencia.

Es, bajo este esquema de transformación, que surgen en México, asociaciones, instituciones, redes, coaliciones y ONGs que buscan cambiar la situación de las PcD, amparadas en buenas intenciones, pero de una manera desarticulada.

Resulta importante el papel transversal que habrían de desempeñar las instituciones universitarias en el engranaje de un activismo social, que articule la participación y experiencia de los diferentes miembros de la sociedad civil; la fortaleza del conocimiento, formación e investigación de las universidades, trascendiendo los elitistas y neoliberales modelos de gobernanza y de triple hélice, en las que los actores comparten la responsabilidad bajo un enfoque económico, con la presencia en el modelo de gobernanza de la sociedad civil, pero desconociendo el papel de la universidad, y en el de triple hélice con la universidad participando, pero dejando atrás a la sociedad civil. Es inexorable que el modelo contemple a la sociedad civil, y a la universidad en conjunto como actores paralelos y hegemónicos, donde la universidad asesore, forme, investigue, diseñe y proponga, y el gobierno sea el instrumento que opere.

## RESULTADOS Y RECOMENDACIONES

Es necesario reconceptualizar la idea de accesibilidad universal como un derecho de todos los seres humanos, vulnerado especialmente en las PCD.

Con base en ello reforzar las medidas que atiendan sus derechos en el contexto de la COVID-19 en los diferentes rubros analizados.

### *En educación:*

- Revisar el contenido educativo con enfoque hacia las PCD intelectual y de este modo, asegurar la continuidad de sus estudios.
- Realizar los ajustes razonables necesarios asegurar la accesibilidad de los materiales educativos difundidos en TV y páginas web, que consideren Lengua de Señas Mexicana y formatos de audiodescripción.
- Considerar protocolos de actuación para sectores con discapacidad que no tengan acceso a la tecnología y no se vean afectados por esta omisión.

*En salud:*

- Diseñar protocolos de lavado de manos para personas con discapacidad visual, apoyados en audiodescripción.
- Asegurarse de que la información sobre COVID-19 esté en un sitio web accesible.
- Promover que los hospitales se encuentren preparados para atender pacientes con discapacidad auditiva.
- Asegurarse de que la información no se difunda sólo con imágenes (inaccesibles con discapacidad visual).
- Ofrecer consultas a domicilio o teleconsultas.
- Difundir en el personal médico las necesidades para las PCD (cubrebocas seguros y transparentes) en caso de atender un paciente sordo.

*En trabajo:*

- Proveer de un apoyo económico familiar o personal para cuidadores que requieren tiempo para atender a las PCD, lo que les obliga a dejar de trabajar en otras áreas.
- Promover ofertas de trabajos inclusivos en el proceso de reapertura.

*En seguridad:*

- Difundir la necesidad de desinfectar los dispositivos de ayuda para PCD, tales como bastones, andaderas, sillas de ruedas, etcétera.
- Incluir en los folletos informativos textos en braille y formatos en audio.
- Vigilar que las líneas de atención para prevención de violencia sean accesibles en diferentes formatos.
- Cuidar la comunicación segura de las PCD que se encuentran en asilos de ancianos, hospitales psiquiátricos, etcétera.
- Trasladar a las PCD (en casos seguros) fuera de las instituciones cerradas e interrumpir el ingreso de nuevas personas nuevas.

- Proteger a las personas encargadas de los cuidados de PcD, sobre todo en caso de familias monoparentales.

*En libre movilidad:*

- Realizar ajustes para garantizar una movilidad segura.
- Realizar ajustes a acciones táctiles de obligado contacto (como el braille) e implementar sensores ópticos.
- Eliminar barreras físicas que obstaculicen la movilidad y proporcionar objetos y ayudas técnicas para desplazamiento.
- Modificar el mobiliario bajo criterios de seguridad tanto por los materiales y su limpieza.
- Cuidar la accesibilidad para lavarse las manos.
- Cuidar que los espacios peatonales posibiliten la sana distancia.
- Asegurar la accesibilidad en los espacios para la realización de pruebas de COVID-19.

## CONCLUSIONES

La cartografía muestra un fuerte rezago en sus múltiples dimensiones en referencia a las PcD. Urge tomar medidas para asegurar la accesibilidad de las PcD, siendo tanto responsabilidad de las instancias gubernamentales como de la sociedad en general. No basta firmar Convenios Internacionales, sino que se deben atender desde lo más profundo: generar conciencia y empatía, promover conceptos desde el modelo social, cumplir y hacer cumplir las leyes que les incluye, así como respetar sus derechos promoviendo una sociedad equitativa.

Antes de la pandemia, los resultados concretos de los informes en México sobre discapacidad permitían observar que la mayor parte de los avances giraban en torno a la dimensión normativa. No se había tenido grandes avances en materia de implementación, ya que no era posible identificar acciones concretas y las acciones gubernamentales habían fortalecido un esquema asistencial.

La realidad que hoy nos confronta, exige cambios en los mecanismos de acción. Es necesario modificar el papel pasivo de la universidad, interviniendo desde la trinchera de lo intelectual, pero sin participación ni intervención real. Mantener el activismo social encabezado por la sociedad civil ha resultado infructuoso y desarticulado, sin el respaldo de la universidad, que, como formadora, crítica, investigadora puede ser el engrane que la sociedad civil requiere para confrontar las decisiones del gobierno.

Es necesario empoderar a los actores inmersos bajo un enfoque de activismo social, entendido este como concepto que revaloriza el papel de la participación ciudadana. Es la universidad la base para generar la vinculación y cooperación con diversos sectores, lo que posibilita conocer necesidades y contextos particulares, la transferencia de conocimiento y sinergias para que sumen fuerzas hacia la inclusión.

## REFERENCIAS

- Conapred. (2017). *Personas con discapacidad*. Disponible en: <http://www.conapred.org.mx/userfiles/files/Ficha%20PcD%281%29.pdf> [Consultado el 18 de junio de 2020].
- CNDH. (2018). *Informe Especial de la Comisión Nacional de los Derechos Humanos sobre el estado que guarda los derechos humanos de las personas con discapacidad en las entidades federativas del país*. (4 de diciembre). Disponible en: <https://www.cndh.org.mx/sites/default/files/documentos/2019-06/Estudio-Personas-Discapacidad.pdf> [Consultado el ]
- Diez, J. (2012). *Cartografía social: intervención e investigación desde las ciencias sociales, métodos y experiencias de investigación*. Comodoro Tivadavia: Universidad Nacional de la Patagonia.
- France 24. (2020). OMS advierte del peligro los desconfinamientos apresurados en países como México. *France 24*. Disponible en: <https://www.france24.com/es/20200710-covid19hoy-tokio-rompe-nuevo-r%C3%A9cord-diario-de-contagios> [Consultado el 30 de julio de 2020].
- Gobierno de México. (2014). *Programa Nacional para el Desarrollo y la Inclusión de las Personas con Discapacidad 2014-2018*. Disponible en: <https://www.gob.mx/conadis/acciones-y-programas/programa-nacional-para-el-desarrollo-y-la-inclusion-de-las-personas-con-discapacidad-2014-2018-5882> [Consultado el 4 de junio de 2020].
- Gobierno de México. (2017). *Consejo Nacional para el Desarrollo y la Inclusión de las Personas con Discapacidad*. Disponible en: <https://www.gob.mx/conadis/articulos/conadis-seis-anos-trabajando-por-un-mexico-incluyente?idiom=es> [Consultado el 10 de mayo de 2020].
- Gobierno de México. (2018). *Diagnóstico sobre la situación de las personas con discapacidad en México*. Disponible en: <https://www.gob.mx/publicaciones/articulos/diagnostico-sobre-la-situacion-de-las-personas-con-discapacidad-en-mexico?idiom=es> [Consultado el 30 de junio de 2020].
- Gobierno de México. (2019). *Programa Pensión para el Bienestar de las Personas con Discapacidad*. Disponible en: <https://www.gob.mx/bienestar/acciones-y-programas/programa-pension-para-el-bienestar-de-las-personas-con-discapacidad> [Consultado el 15 de septiembre de 2020].
- Human Rights Watch. (2020). *México: Abuso y desatención de personas con discapacidad por sus familias*. Nueva York: HRW.

- INEGI. (2016). *La discapacidad en México, datos a 2014*. México: INEGI. Disponible en: <http://coespo.groo.gob.mx/Descargas/doc/DISCAPACITADOS/ENADID%202014.pdf> [Consultado el 18 de septiembre de 2020].
- Jvosche, V. (2010). Naturaleza y esencia del activismo. *Contribuciones desde Coatepec*(18), 131-140.
- López, C. (2012). *Cartografía social: instrumento de gestión social e indicador ambiental* (Primera ed.). Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Márquez, C., y Reyes, J. (2015). Análisis de la brecha de ingresos entre las personas con y sin discapacidad en ocupaciones no calificadas. *Revista Latinoamericana de Población*, 9 (16), pp. 33-58.
- Oliver, P. (1984). If You Don't Do It, Nobody Else Will: Active and Token Contributors to Local Collective Action. *American Sociological Review* , 49 (5), pp. 601-610.
- Organización Mundial de Salud. (2020). Consideraciones relativas a la discapacidad durante el brote de Covid-19. Disponible en: [https://www.who.int/docs/default-source/documents/disability/spanish-covid-19-disability-briefing.pdf?sfvrsn=30d726b1\\_2](https://www.who.int/docs/default-source/documents/disability/spanish-covid-19-disability-briefing.pdf?sfvrsn=30d726b1_2) [Consultado el 18 de julio de 2020].
- ONU. (2007). *Convención sobre los derechos de las personas con discapacidad*. Nueva York: ONU. Disponible en: <https://www.un.org/esa/socdev/enable/documents/tccconvs.pdf> [Consultado el 15 de agosto de 2020].
- Rello, M. (2015). 53.5% de niños y jóvenes con discapacidad no va a la escuela. *Milenio* (12 de diciembre). Disponible en: <https://www.milenio.com/estados/53-5-ninos-jovenes-discapacidad-escuela> [Consultado el 10 de agosto de 2021]
- Reuters. (2020). Cepal prevé caída de 9.1% de la economía latinoamericana este año. *Forbes*. Disponible en: <https://www.forbes.com.mx/noticias-> [Consultado el 2 de agosto de 2020].

## NOTA A LOS LECTORES

El libro *Geografía de la salud en pandemia: Métodos de análisis espacial en el estudio de la COVID-19* ofrece un panorama actualizado de las herramientas que la Geografía, como ciencia, presenta para el análisis espacial de la pandemia por COVID-19, problema mundial de gran relevancia social, por lo que resulta oportuna la transferencia del conocimiento a académicos, estudiantes y a la sociedad en general.

Esperamos que después de la lectura de esta obra, y el examen de los principales métodos de análisis espacial con posibilidad de aplicación al estudio de este brote epidémico, se haya presentado una base sólida para avanzar en el proceso racional de la construcción de conocimientos a través de los desarrollos actuales de la Geografía de la Salud. Las aplicaciones incluyen potentes herramientas geotecnológicas: Sistemas de Información Geográfica, estadística espacial, cartografía automatizada, *big data*, Sistemas de Ayuda a la Decisión Espacial, los cuales logran que los procesos de obtención de datos, procesamiento y generación de resultados sean cada vez más sencillos, más rápidos, y estén al alcance de los tomadores de decisiones y de la población en general.

Confiamos que estos métodos sean replicados en otros contextos, en otros territorios, en otras realidades, dado que el comportamiento espacio-temporal de la COVID-19 evidencia diferencias con base en las condiciones geográficas, sociales, económicas, históricas, demográficas y ambientales de cada país.

Los resultados obtenidos en el campo de la investigación en Geografía Aplicada, pueden tener directa transferencia hacia los ámbitos de la docencia y la planificación urbano-regional. También tendrán utilidad para avanzar en el afianzamiento de la inteligencia espacial de las nuevas generaciones de académicos y profesionales interesados en temas relativos a la búsqueda de la lógica social del espacio geográfico fundamental para mejorar las condiciones de vida de las poblaciones humanas.

El libro ofrece un panorama actualizado de las herramientas que la Geografía como ciencia presenta para el análisis espacial de la pandemia de Covid-19, una problemática mundial. Los resultados obtenidos, en el campo de la investigación en Geografía Aplicada, pueden tener directa transferencia hacia los ámbitos de la docencia y la planificación urbano-regional. También tendrán utilidad para avanzar en el afianzamiento de la inteligencia espacial de las nuevas generaciones de académicos y profesionales que tengan interés en temas relativos a la búsqueda de la lógica social del espacio geográfico fundamental para el mejoramiento de las condiciones de vida de la población.

**SDC**