



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

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 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, centrographic 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 (θ) 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 θ .

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

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

Donde σ_x'' y σ_y'' es el desvío estándar de las distancias respecto de los ejes rotados doble prima, x' e y' son las coordenadas de cada punto, θ 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.

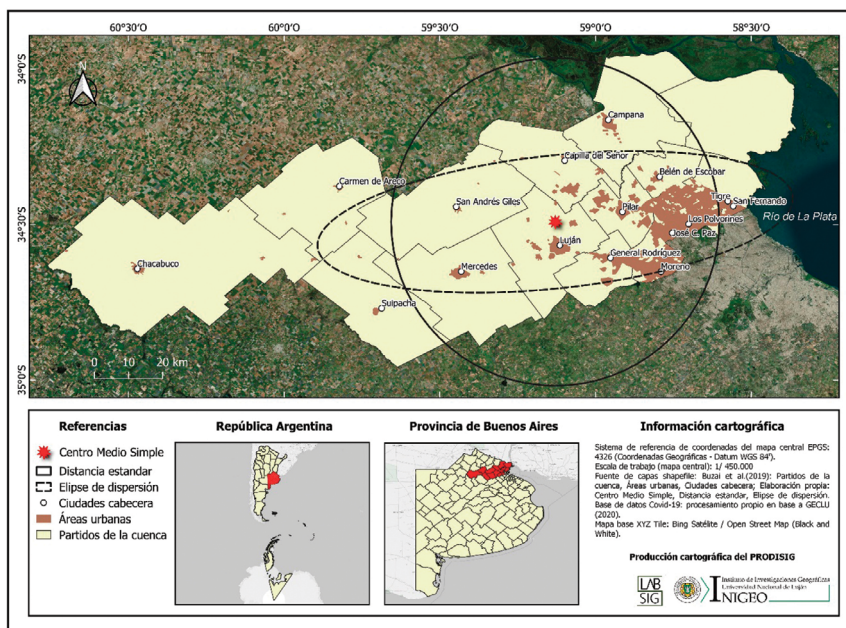
Para realizar el círculo del desvío estándar de las distancias se utilizó la herramienta Spatial Point Pattern Analysis (análisis espaciales de patrones de puntos), disponible en las herramientas geoestadísticas (geostatistic) de SAGA, accesible desde el menú Procesos.

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

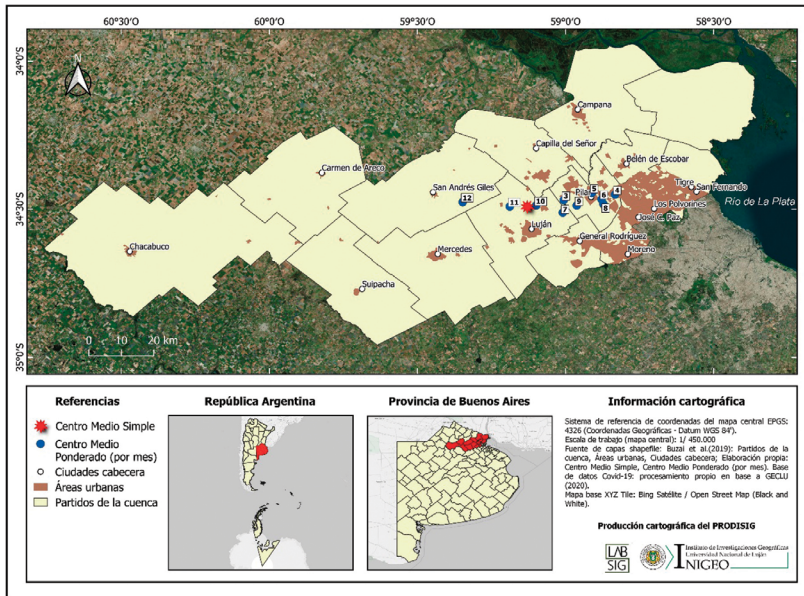


Fuente: Elaboración propia, 2021, con el *software* QGIS, complemento SDE y SAGA.

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.

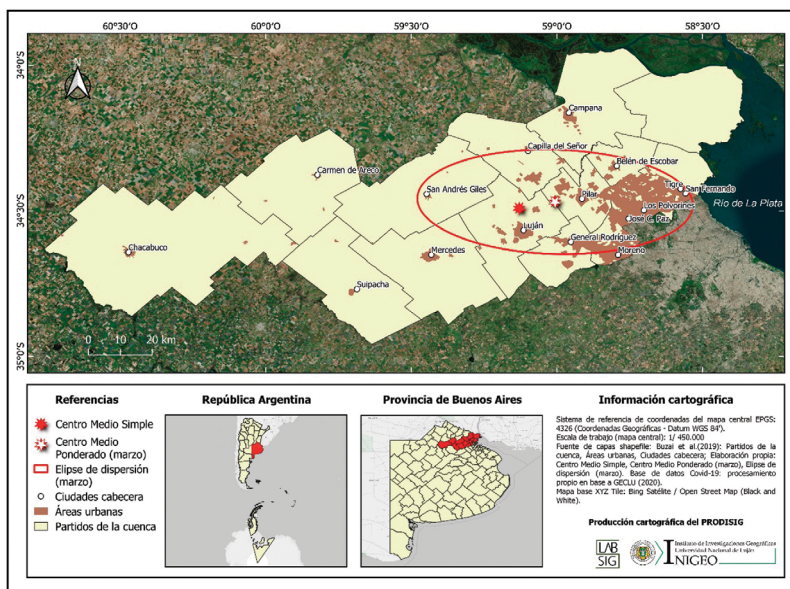
Una mayor tendencia a la concentración de los casos se observa en la Elipse correspondiente al mes de abril que se ilustra en la figura 4. Obsérvese que el eje mayor de la elipse mide menos de la mitad respecto de Elipse de dispersión no ponderada, mostrando así el peso de los datos correspondientes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

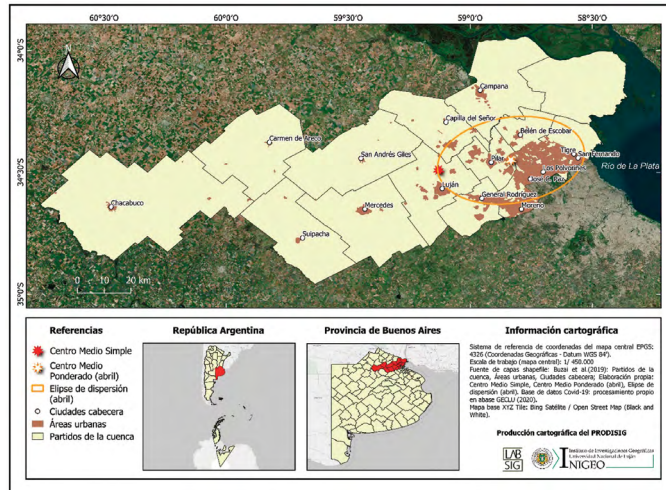
Fuente: Elaboración propia, 2021, con el software QGIS y el complemento *Standar Deviatonal Ellipse* (SDE).

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



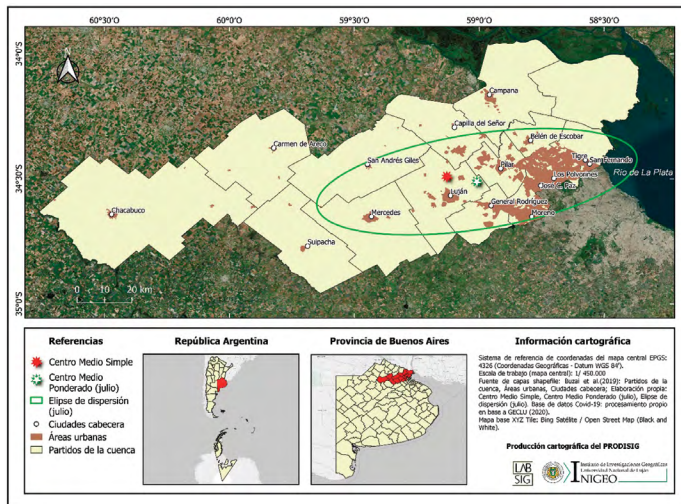
Fuente: Elaboración propia, 2021, con el software QGIS y el complemento *Standar Deviatonal Ellipse* (SDE).

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



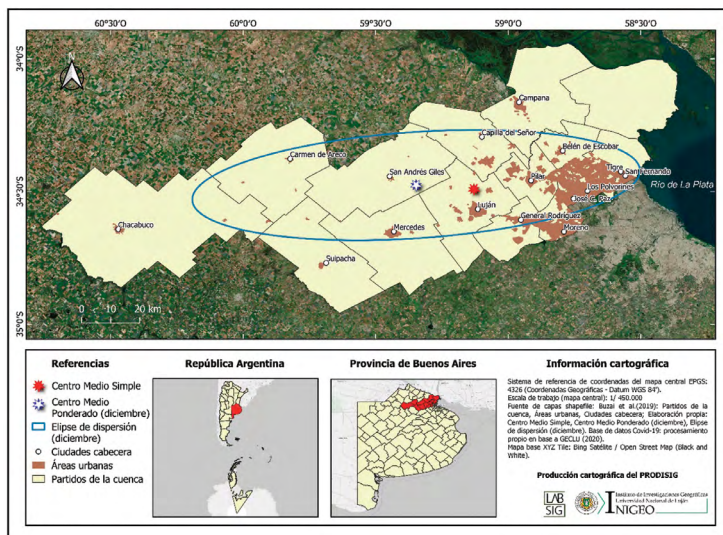
Fuente: Elaboración propia, 2021, con el *software* QGIS y el complemento *Standar Deviational Ellipse* (SDE).

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.

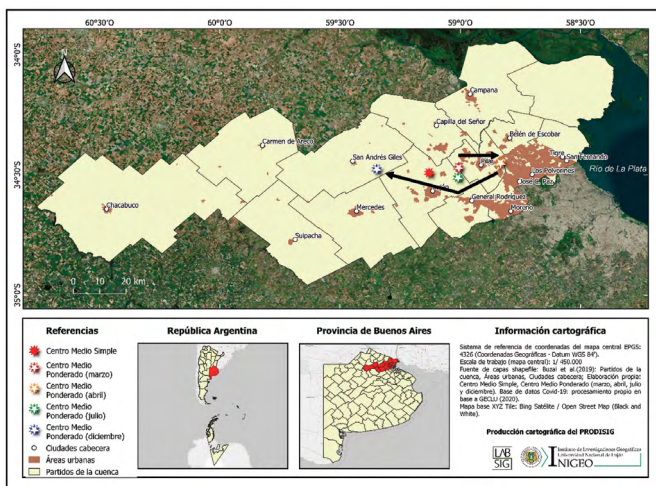
Las figuras 8 y 9 resumen la evolución espacial de la propagación de la enfermedad desde el mes de marzo a diciembre, utilizando las medidas de centralidad y dispersión,

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

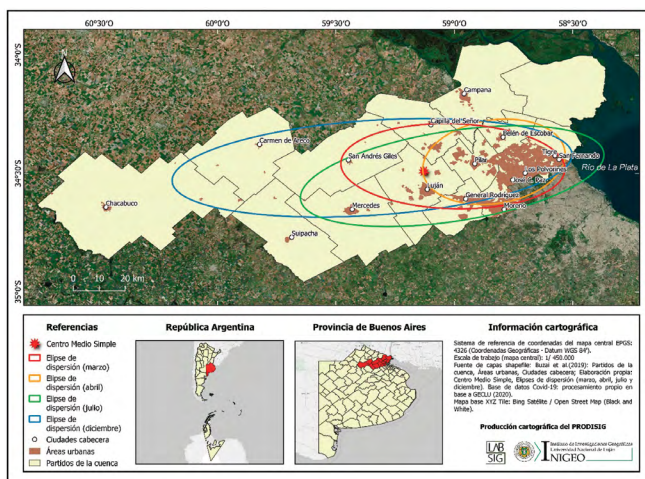
En este trabajo se ha procurado ejemplificar el fuerte potencial de algunos métodos centrográficos sencillos para el análisis espacial cuantitativo. Se tomó como ejemplo la evolución espacial de COVID-19 en los partidos que integran la cuenca del río Luján, la cual se analizó aplicando medidas de centralidad 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.