

---

# Condicionantes socioespaciales

---

de la salud (CSS) como base de regionalización multidimensional en la megalópolis argentina

---

Socio-spatial conditioning factors of health (SSCFH)  
as a base of multidimensional regionalization  
in the Argentine megalopolis

**Gustavo D. Buzai**

Universidad Nacional de Luján, Instituto de Investigaciones Geográficas / CONICET  
Luján, provincia de Buenos Aires, Argentina  
gdb@unlu.edu.ar  
<https://orcid.org/0000-0003-4195-5324>

---

### Resumen

La distribución espacial de los condicionantes socioespaciales de la salud (CSS) es un indicador esencial para determinar la vulnerabilidad social a las enfermedades. Los sistemas de información geográfica (SIG) posibilitan la aplicación de métodos de análisis multivariado que llevan a la obtención del resultado final en un mapa síntesis. En la Argentina, la base de datos del Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas permite determinar un conjunto básico de variables que definen dimensiones de análisis centrales: Educación, Economía, Pobreza, Construcción, Servicios y Equipamiento. La combinación de estas dimensiones permitirá realizar el mapa que presenta la distribución espacial de los CSS de la megalópolis argentina y definir su área de mayor criticidad, presentando estos resultados como base fundamental de la planificación territorial con la posibilidad de ser usado para la generación de acciones tendentes a la disminución de disparidades socioespaciales.

**PALABRAS CLAVE:** geografía de la salud; condicionantes socioespaciales de la salud; análisis espacial; megaciudad Buenos Aires; sistemas de información geográfica (SIG).

### Abstract

The spatial distribution of Socio-spatial Conditioning factors of Health is an essential indicator for determining social vulnerability of diseases. Geographical Information Systems (GIS) allow to apply multivariate analysis methods ending in a final synthesis map. In Argentina, the database of the National Census of Population, Households and Housing allows to determine a basic set of variables that define dimensions of core analysis: Education, Economy, Poverty, Construction, Services and Equipment. These variable combinations generate a spatial distribution map of the Argentine megalopolis setting the most critical area to reduce disparities due its spatial inequality as a fundamental basis of the territorial planning.

**KEYWORDS:** Geography of Health; Socio-spatial conditioning factors of health; Spatial Analysis; Megacity Buenos Aires; Geographical Information Systems (GIS).

## 1. Introducción

La inequidad en salud es una temática de gran relevancia actual en el estudio de la diferenciación socio-espacial urbana en apoyo a la planificación y gestión territorial. Tiene como sustento subyacente el mapa social urbano en tanto aproximación general que permite avanzar en la definición de los condicionantes socio-espaciales de la salud (CSS), tendentes a la delimitación de áreas con diferencial vulnerabilidad poblacional a las enfermedades.

La Geografía, mediante el desarrollo de técnicas de análisis espacial cuantitativo aplicado con sistemas de información geográfica (SIG), posibilita la obtención de resultados centrados en procesos de construcción regional. Considerando esta línea de análisis, el objetivo del presente trabajo fue formular y analizar espacialmente los CSS y realizar una regionalización multimensional en la megalópolis argentina<sup>1</sup>, la mayor área urbana aglomerada y de contigüidad funcional de nuestro país. Para realizarlo se presentan los aspectos teóricos centrales relacionado al campo temático de la Geografía urbana, la Geografía de la salud y la definición de los CSS para un abordaje empírico.

La extensa superficie y la magnitud poblacional posibilitan que las megalópolis, sobre todo en América Latina, presenten grandes disparidades internas; en este sentido, las metodologías de análisis multivariado permiten su claro análisis. La metodología de clasificación utilizada incluye un trabajo matricial que inicia con la tabla de atributos en datos originales obtenidos del censo nacional, su transformación para obtener comparabilidad y su síntesis a través de la obtención de un puntaje de clasificación para las unidades espaciales. Avanzando en el estudio se definen *clusters* como agrupamientos para una regionalización y define áreas de diferente vulnerabilidad poblacional.

En síntesis, llegar a la construcción de los CSS a partir de la combinación de atributos, permite contar con una herramienta de apoyo para una

gestión diferencial que minimice la vulnerabilidad socio-sanitaria de la población en el espacio urbano más extenso y de mayores densidades poblacionales de la Argentina.

## 2. Aproximación disciplinar

### 2.1. Análisis espacial de la ciudad

Según la Organización de las Naciones Unidas (UN, 2018) actualmente la población urbana a nivel mundial es del 55% y se estima que aumente a un 68% para el 2050. Las ciudades siguen creciendo en población y superficie a partir de estructuras dispersas (Buzai, 2020a). Actualmente las regiones mundiales con mayor porcentaje de población urbana son: América del Norte (82%), América Latina (81%), Europa (74%) y Oceanía (68%), pero el crecimiento más acelerado en las próximas décadas se concentrará en los países subdesarrollados.

En una evolución que va desde las ciudades hacia las megaciudades como extensas regiones urbanizadas, el futuro nos permitirá asistir a una urbanización planetaria (Brenner, 2013), tanto en tamaño de las aglomeraciones (espacios urbanos desde un punto de vista físico-constructivo) como en el modo de vida difundido culturalmente desde estas áreas centrales. En este sentido, todo análisis futuro estará ligado, en mayor o menor medida, a la ciudad.

La Geografía urbana tiene como objetivo realizar el análisis de las ciudades desde un punto de vista geográfico, esto es, abordando la relación entre población y medio urbano, las diferencias intraurbanas y la formulación de modelos al captar generalidades en su organización y funcionamiento. Corresponde a la realización de aproximaciones teórico-metodológicas que, desde el núcleo conceptual de la Geografía humana, aborden el proceso de urbanización desde dos puntos de vista principales: la ciudad como un punto dentro de

un espacio regional y la ciudad como un área con especificidades internas (TABLA 1).

Como puede verse en la TABLA 1, la relación entre el mapa social urbano y la distribución espacial de las enfermedades se produce como aproximación intraurbana; es decir, que se intentan analizar las correlaciones encontradas en el interior de la ciudad. El primero aborda el análisis espacial de las clases sociales y, el segundo, incorpora a las enfermedades y centros de atención sanitaria. Ambas líneas de análisis y sus combinaciones cuentan con metodologías específicas (Gatrell y Elliott, 2015), basada en el análisis espacial cuantitativo con aplicación de sistemas de información geográfica.

Apoyado en la Geografía urbana, los métodos de análisis multivariado brindan la posibilidad de estudiar completamente las relaciones entre el mapa social y la salud, variables específicas permiten construir el mapa de vulnerabilidad social a las enfermedades como diagnóstico de planificación. Los CCS hacen operativo, a nivel empírico, estos vínculos y generar mapas síntesis que muestren la condición estructural, base de toda situación posible.

## 2.2. Geografía de la salud y condicionantes socioespaciales de la salud

Puede considerarse que la relación entre la Geografía y la salud humana tiene un inicio muy lejano y del cual pueden rastrearse hitos centrales: Hipócrates (460 aC - 370 aC) había incorporado la influencia ambiental; Leonhard Ludwig Finke (1747-1837) propone la rama Geografía médica en su libro *Versuch einer allgemeinen medicinisch-praktischen Geographie* (3 tomos, 1792-1795); John Snow (1813-1858) realiza un análisis espacial de modelado cartográfico como apoyo a su hipótesis sobre el contagio de cólera a partir de la epidemia de 1854 en Londres; Jean Brunhes (1869-1930) y Max Sorre (1880-1962) proponen el concepto ‘complejos patógenos’; el Congreso de la Unión Geográfica Internacional (IGU) de 1949 en Lisboa (Portugal), reconoce oficialmente a la Geografía médica en el estudio de la distribución espacial de las enfermedades y Jacques May (1896-1975) propone el concepto de ‘complejos geogenos’ considerando aspectos demográficos y socio-económicos. Análisis detallados de estos hitos, hasta llegar a mediados del siglo veinte, se encuentran en Barcellos y Buzai

TABLA 1. Temas centrales de la Geografía urbana.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

|                                |   |   |
|--------------------------------|---|---|
| La ciudad en la región (punto) | } | Función / base económica<br>Jerarquía / bienes y servicios<br>Área de influencia / demanda potencial<br>Interacción espacial (macrogeografía)                             |
| La ciudad como región (área)   | } | Usos del suelo / distribución y dinámica<br>Mapa social / modelos urbanos<br>Distribuciones espaciales (salud)<br>Mapa mental / población urbana<br>Plano<br>Arquitectura |

(2006), Barcellos *et al.* (2018a; 2018b), Buzai (2015; 2020) y Buzai y Santana Juárez (2018).

En la segunda mitad del siglo veinte se produce la revolución cuantitativa en Geografía (Burton, 1982), a partir de la cual se genera un período de ciencia normal con notables avances en la formulación de modelos y leyes a partir de las regularidades espaciales, aspectos fundamentales para el desarrollo de la Geografía aplicada (Buzai y Baxendale, 2013). En el último cuarto del siglo veinte, durante el congreso de la IGU realizado en Moscú (ex Unión Soviética), en 1976, se formaliza un mayor alcance de la especialidad. Se reconoce la Geografía de la salud incluyendo dos líneas temáticas: el estudio de la distribución espacial de enfermedades (Geografía médica) y el de los centros de atención (Geografía de los servicios sanitarios).

A partir de su ampliación resulta posible mencionar la producción académica de temáticas generales (Howe, 1985; Olivera, 1993; Pickenhayn, 2009; Anthamattam y Hazen, 2011; Cromley y McLafferty, 2011; Santana, 2014; Santana Juárez y Galindo Mendoza, 2014; Buzai, 2015; Gatrell y Elliott, 2015; Kanaroglou *et al.*, 2015; Emch *et al.*, 2017), desarrollos centrados en el análisis espacial de la distribución espacial de casos a través de la cartografía (Curto, 2003; Koch, 2014; Iñiguez y Barcellos, 2014), interacción espacial entre la oferta y demanda de servicios de atención (Garrocho, 1995; Lang, 2000; Ramírez, 2005a) y el rol que cumplen las actuales tecnologías digitales aplicada en el análisis espacial de la salud (Ramírez, 2005b; Buzai, 2009; Seguinot Barbosa, 2014).

Como resultado de la Primera Conferencia Internacional sobre la Promoción de la Salud en Ottawa, Canadá (1986) se difunde una carta para todos los países y se establecen las condiciones y requisitos como la paz, la educación, la vivienda, la alimentación, la renta, un ecosistema estable, la justicia social y la equidad para establecer condiciones óptimas de salud. Según la Organización

Mundial de la Salud (OMS, 2010), los factores políticos, económicos, sociales, culturales, el medio ambiente, los estilos de vida y aspectos biológicos intervienen en la situación de salud.

En el año 2005, la OMS creó la Comisión de los Determinantes Sociales de la Salud (DSS), la cual se encargó de estudiar los factores sociales y ambientales que incidían en la salud, con la finalidad de generar recomendaciones de gestión. Los DSS son las circunstancias en que las personas nacen, crecen, viven, trabajan y envejecen, siendo resultado de la distribución del dinero, el poder y los recursos dentro de las tres escalas (mundial, nacional y local) para actuar sobre las disparidades en salud (OMS, 2010; Castro Albarrán, 2011) y se convirtieron centrales en la determinación de las situaciones espaciales contextuales de la salud.

La comisión planteó un marco conceptual de las principales categorías y vías de acción de los determinantes, que enmarca el contexto socio-político en un nivel macro (determinantes estructurales), la posición social y económica, y condiciones materiales en el nivel individual (determinantes intermedios), que en conjunto generan alteraciones en la salud humana. Los DSS muestran el panorama de la vulnerabilidad social en salud como parte de las desigualdades socio-espaciales existentes y en estudios latinoamericanos llevaron a importantes reflexiones teóricas (Santos Padrón, 2011; Mejía, 2013), hechas operativas con muy claros resultados de aplicación (Fuenzalida *et al.*, 2013; Villerías Alarcón, 2017).

En un análisis orientado a la crítica de la perspectiva extrema a la que alude la teoría del 'determinismo', en Buzai y Santana Juárez (2018) no se consideró que la salud se encuentre determinada en una relación permanente y unívoca, sino que debe pensarse en una situación de un determinismo atenuado mediante los condicionantes socioespaciales de la salud (CSS). Se es de la opinión que esta es una propuesta más realista

al moderar la perspectiva determinista y la lleva hacia un punto intermedio entre el determinismo y el indeterminismo, más cercano al primero que al segundo, e incorpora la dimensión espacial con lo cual amplía el contexto de la salud pudiendo abarcar teóricamente la totalidad de potenciales condicionantes contextuales.

Más allá de la biología y del estilo de vida, todo condicionamiento contextual será socioespacial en un tiempo específico, condiciones que influyen en la situación de salud, pero no la determinan, ya que siempre existe un margen posibilista que surge de las características individuales y de las respuestas sociales ante los problemas de la salud.

### 3. Definiciones operativas

#### 3.1. Área de estudio

La megalópolis argentina se desarrolla por el frente costero del río de la Plata y el río Paraná,

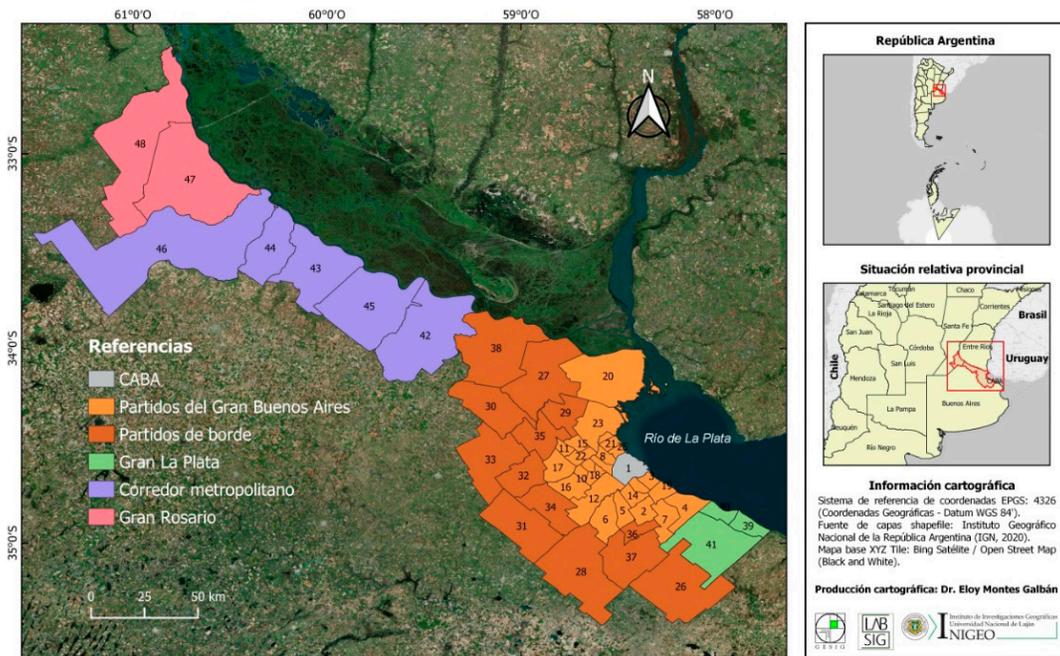
abarcando jurisdicciones de las provincias de Buenos Aires y Santa Fe, en una extensión de aproximadamente 400 kilómetros de manera lineal de sudeste a noroeste formada por: 1) el Gran La Plata; 2) el Gran Buenos Aires; 3) su conurbación exterior; 4) el corredor metropolitano, y 5) el Gran Rosario. Las tres primeras forman en conjunto la ‘Megaciudad Buenos Aires’ (Buzai y Montes Galbán, 2020), (FIGURA 1).

Investigaciones realizadas sobre este espacio lo hicieron generalmente focalizadas en sus principales áreas urbanas, todas con clara identidad y extensión transjurisdiccional.

La mayor área urbana es el Gran Buenos Aires (GBA), (INDEC, 2003), posteriormente ampliado a Región Metropolitana de Buenos Aires (DPOUyT, 2007) desde un punto de vista funcional, aunque actualmente integrada de manera clara por la infraestructura gris formando la ‘Megaciudad Buenos Aires’ (Buzai y Montes Galbán, 2020). Se

FIGURA 1. Área de estudio. Unidades espaciales y áreas internas de la megalópolis argentina.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



incluye el corredor metropolitano que abarca cinco unidades espaciales alineadas (cuatro partidos de la provincia de Buenos Aires y un departamento en la provincia de Santa Fe), en un eje de desarrollo noroeste sobre el frente costero del río Paraná, con identidad areal e integración funcional a las grandes áreas urbanas extremas (Massin, 2016). Finalmente, el Gran Rosario (Baxendale y Buzai, 2003), área urbana extensa que abarca dos departamentos de la provincia de Santa Fe.

Considerando la conformación del mosaico municipal del área de estudio, la **TABLA 2** presenta su composición a través de las 48 unidades espaciales que forman la megalópolis argentina con 26.000 km<sup>2</sup> y 16.547.492 habitantes.

### 3.2. Variables y dimensiones

Aunque son muchos los factores que contribuyen a la diferencial incidencia de enfermedades en la población, generalmente se relacionan directamente al agente que las provoca. Sin embargo, es de destacar la importancia de los aspectos contextuales relacionados a la situación socio-habitacional de la población, tal como fue construyéndose la definición operativa desde mediados del siglo XX hasta llegar a los CSS.

El estudio de los CSS apunta a evaluar estos contextos a partir de un número limitado de variables que se aglutinan para formar las dimensiones de Educación, Economía, Pobreza, Construcción, Servicios y Equipamiento que, desde la Geografía,

**TABLA 2.** Unidades espaciales del eje fluvial-industrial pampeano (EFIP)

| UE | Área de estudio   | Mayor núcleo urbano  | Aglomeraciones   | Agrupamientos municipales   | Partidos y departamentos   |
|----|---|--|--|---|--|
| 1  | Megalópolis Argentina<br>(16.547.492 hab.)<br>(26.000 km <sup>2</sup> ) | Megaciudad Buenos Aires*<br>(14.839.026 hab.)<br>(14.183 km <sup>2</sup> ) | Gran Buenos Aires<br>(14.039.504 hab.)<br>(13.017 km <sup>2</sup> )  | Capital Federal<br>(2.890.151)<br>(203 km <sup>2</sup> )                          | (1) Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA)   |
| 24 |   |  |  | Municipios del Gran Buenos Aires (GBA)<br>(9.916.715)<br>(3.822 km <sup>2</sup> ) | (2) Almirante Brown, (3) Avellaneda, (4) Berazategui, (5) Esteban Echeverría, (6) Ezeiza, (7) Florencio Varela, (8) General San Martín, (9) Hurlingham, (10) Ituzaingó, (11) José C. Paz, (12) La Matanza, (13) Lanús, (14) Lomas de Zamora, (15) Malvinas Argentinas, (16) Merlo, (17) Moreno, (18) Morón, (19) Quilmes, (20) San Fernando, (21) San Isidro, (22) San Miguel, (23) Tigre, (24) Tres de Febrero y (25) Vicente López (Provincia de Buenos Aires) |
| 13 |   |  |  | Municipios de borde (conurbación)<br>(1.232.637)<br>(8.992 km <sup>2</sup> )      | (26) Brandsen, (27) Campana, (28) Cañuelas, (29) Escobar, (30) Exaltación de la Cruz, (31) General Las Heras, (32) General Rodríguez, (33) Luján, (34) Marcos Paz, (35) Pilar, (36) Presidente Perón, (37) San Vicente y (38) Zárate (Provincia de Buenos Aires)   |
| 3  |   |  | Gran La Plata<br>(799.523 hab.)<br>(1.166 km <sup>2</sup> )          | Municipios del Gran La Plata (conurbación al GBA)                                 | (39) Berisso, (40) Ensenada y (41) La Plata (Provincia de Buenos Aires)  |
| 5  |   |  | Corredor metropolitano<br>(357.606 hab.)<br>(7.918 km <sup>2</sup> ) | Municipios del corredor Buenos Aires-Rosario (configuración lineal)               | (42) Baradero, (43) Ramallo, (44) San Nicolás y (45) San Pedro (Provincia de Buenos Aires) y (46) Constitución (Provincia de Santa Fe)   |
| 2  |   | Gran Rosario<br>(1.350.860 hab.)<br>(3.899 km <sup>2</sup> )               | Municipios del Gran Rosario  | (47) Rosario y (48) San Lorenzo (Provincia de Santa Fe)                           |  |

\*Región Metropolitana de Buenos Aires según DPOUyT (2007)

se analizan con base a sus distribuciones espaciales. Por lo tanto, intervenir en la estructura resultante permite avanzar hacia la mejora de la problemática de salud y el intento de disminuir las diferencias socio-espaciales.

Las dimensiones consideradas se estudian a través de diferentes ‘variables de costo’, aquellas que en sus máximos puntajes indican situaciones desfavorables. El Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas de la Argentina, a partir del uso de la base de datos REDATAM, brinda la posibilidad de construir el sistema de variables y dimensiones presentado en la TABLA 3 (INDEC, 2013).

La TABLA 4 presenta datos básicos de la megalópolis argentina en valores absolutos para variables básicas y las seleccionadas en el estudio.

## 4. Metodología

### 4.1. Clasificación espacial

La base de datos geográfica en SIG está compuesta por 48 polígonos correspondientes a las unidades espaciales (CABA, partidos de la provincia de Buenos Aires y departamentos de la provincia de Santa Fe) de la megalópolis argentina. A nivel alfanumérico, la tabla de atributos cuenta con las

TABLA 3. Variables y dimensiones de los CSS

| Contexto  | Dimensiones                 | Variables   | Categorías                                    |
|---|-----------------------------|---|---|
| Socio-demográfico                                   | Educación                   | Sabe leer y escribir - No                                   | Muy alto<br>Alto<br>Medio<br>Bajo<br>Muy bajo |
|   |                             | Condición de asistencia escolar - Nunca asistió             |   |
|   | Economía                    | Condición de actividad - Desocupados                        |   |
|   | Pobreza                     | Hogares con NBI   |   |
| Hacinamiento crítico - más de 3 personas por cuarto |                             |   |   |
| Habitabilidad                                       | Construcción                | Población en rancho o casilla                               | Muy bajo                                      |
|   |                             | Material predominante de los pisos: tierra, ladrillo suelto |   |
|   | Servicios                   | Tenencia de agua - fuera del terreno                        |   |
|   |                             | Desagüe del inodoro - a hoyo, excavación en la tierra       |   |
| Equipamiento  | Equipamiento - heladera: No |   |   |

TABLA 4. Datos de la megalópolis

| Variables                               | Total      | %      | Mínimo                | Máximo                   | Media   |
|---|------------|--------|-----------------------|--------------------------|---------|
| Población                               | 16.547.492 | 100,00 | 14.889 <sup>(2)</sup> | 2.890.151 <sup>(1)</sup> | 344.739 |
| Varones                                 | 7.968.106  | 48,15  | 7.275 <sup>(2)</sup>  | 1.329.681 <sup>(1)</sup> | 166.002 |
| Mujeres                                 | 8.579.386  | 51,85  | 7.614 <sup>(2)</sup>  | 1.560.470 <sup>(1)</sup> | 178.737 |
| Población que no lee ni escribe (15a)   | 157.797    | 0,95   | 123 <sup>(2)</sup>    | 25.871 <sup>(3)</sup>    | 3.287   |
| Población que nunca asistió (educación) | 337.562    | 2,04   | 254 <sup>(2)</sup>    | 48.037 <sup>(3)</sup>    | 7.032   |
| Población desocupada                    | 522.625    | 3,16   | 327 <sup>(2)</sup>    | 74.184 <sup>(1)</sup>    | 10.888  |
| Población con NBI                       | 1.857.066  | 11,22  | 1.448 <sup>(2)</sup>  | 278.363 <sup>(3)</sup>   | 38.688  |
| Hogares con hacinamiento crítico        | 177.780    | 1,07   | 166 <sup>(2)</sup>    | 24.291 <sup>(3)</sup>    | 3.703   |
| Hogares con rancho o casilla            | 632.321    | 3,82   | 281 <sup>(2)</sup>    | 116.653 <sup>(3)</sup>   | 13.173  |
| Hogares con piso de tierra              | 41.952     | 0,25   | 36 <sup>(4)</sup>     | 7.269 <sup>(3)</sup>     | 874     |
| Hogares con agua fuera del terreno      | 59.479     | 0,36   | 60 <sup>(4)</sup>     | 9.252 <sup>(3)</sup>     | 1.239   |
| Hogares con desagüe hoyo                | 14.342     | 0,09   | 14 <sup>(2)</sup>     | 1.636 <sup>(3)</sup>     | 298     |
| Hogares sin heladera                    | 182.941    | 1,11   | 156 <sup>(2)</sup>    | 30.468 <sup>(1)</sup>    | 3.811   |

(1) Ciudad Autónoma de Buenos Aires, (2) General Las Heras, (3) La Matanza y (4) Vicente López

12 columnas que contienen: 1) el número identificador (ID) del polígono, 2) su nombre y (3 a 12) las 10 variables seleccionadas.

El tratamiento de la base de datos fue realizado en cuatro etapas. La primera corresponde a la creación de una matriz de los datos originales (MDO) a partir de los datos censales, la cual se encuentra conformada por unidades espaciales y variables, en este caso de 48 x 10 y que corresponde al contenido inicial de la tabla de atributos del SIG.

A partir de la MDO se crea la matriz de datos índice (MDI) llevado los valores a porcentajes calculando el peso relativo de la variable en la unidad espacial, según el origen del dato, relacionado al total de población o al total de hogares, también de 48 x 10. De esta forma, se logra un primer nivel de comparabilidad. Posteriormente, se crea la matriz de datos estandarizados (MDE) a partir del cálculo del puntaje omega [1], en la cual se transforman todos los datos de cada variable con la finalidad de hacerlos perfectamente comparables:

$$\Omega = \frac{X - m}{M - m} * 100 \quad [1]$$

Donde  $X$  es el dato de cada unidad espacial, y  $m$  y  $M$  son respectivamente los datos menor y mayor de la serie de datos. El procedimiento transforma los datos al rango de 0 a 100, siendo la MDE la base para la obtención del PCE con la síntesis espacial de la temática estudiada.

Una vez conformadas las dimensiones a partir del cálculo del promedio de las variables que las componen se aplica el cálculo para la obtención de puntaje de clasificación espacial (PCE) como síntesis obtenida a partir del cálculo del promedio de las dimensiones estandarizadas :

$$PCE = \frac{\sum D\Omega}{n} \quad [2]$$

El procedimiento metodológico genera el insumo necesario para la obtención de diferentes resultados cartográficos mediante la espacialización de cada variable en sus valores originales, datos

porcentuales y puntajes estandarizados, dimensiones y síntesis a través del PCE.

#### 4.2. Análisis multivariado: cluster analysis

En el campo del análisis espacial cuantitativo el *cluster analysis* es un procedimiento utilizado como método clasificatorio tanto si se aplica a las variables o a los objetos de estudio.

Hair *et al.* (1999) indica que tiene diferentes denominaciones según la ciencia que lo utiliza o los objetivos perseguidos; puede ser considerado 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, los resultados es una regionalización.

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 (MCUE), formato cuadrado, 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 [3] o a través del coeficiente de correlación “ $r$ ” de Pearson [4].

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

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

El tratamiento matricial concluye con un camino que construye la secuencia MDO, MDI, MDE y MCUE. La similitud entre dos unidades espaciales es máxima cuando los valores *DE* son cercanos a 0 o *r* cercano a 1 y es mínima cuando los valores de *DE* está muy separado de 0 o *r* cercano a -1. La MCUE el insumo básico para la aplicación de la técnica.

Los agrupamientos se logran mediante diferentes procedimientos (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 la suma de los cuadrados de la suma de los desvíos como medida de variación respecto de la media [5]. Este método muestra gran eficiencia en el análisis geográfico ante la generación de agrupamientos claramente discriminados.

$$\sum (d - m)^2 = \sum d^2 - \frac{(\sum d)^2}{n} \quad [5]$$

Donde  $\sum$  es la sumatoria de las distancias a la media, siendo *d* el dato de cada unidad espacial y *m* la media.

En general, con la MCUE (*M x M*) se determina entre que par de unidades espaciales se encuentra la máxima correlación, se promedian los valores estandarizados y se calcula una nueva matriz de correlaciones (*M-1 x 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 construye el dendrograma de correlaciones a medida que se realiza el procedimiento de reducción matricial en diferentes pasos (*M-2 x M-2*, *M-3 x M-3* hasta *M-(M-1) x 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 del corte seleccionado en el dendrograma como 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.

Los pasos metodológicos realizados en la aplicación se presentan en la FIGURA 2 en donde se detallan en el tratamiento matricial hacia la obtención de ambos resultados, las síntesis por clasificación y regionalización.

## 5. Resultados y análisis

### 5.1. Construcción de dimensiones

Las distribuciones espaciales que presenta la cartografía temática se convierte en una herramienta de gran importancia en apoyo al direccionamiento geográfico de políticas públicas que tengan como objetivo la disminución de disparidades socioespaciales.

Los principales conceptos utilizados en esta aplicación son los de distribución espacial mediante mapas temáticos, asociación espacial en el cálculo de correlación, síntesis espacial mediante el PCE y el *cluster analysis* de regionalización. El proceso lleva a conocer la diferenciación espacial interna de la megalópolis argentina y estructura de la vulnerabilidad de la población en cuanto a los CSS.

La distribución espacial de las dimensiones se presenta en la serie cartográfica presentada en la FIGURA 3. Son mapas realizados mediante el método de clasificación por cortes naturales en cinco categorías obtenidas mediante el algoritmo propuesto por Jenks (1967), al buscar los cuatro mejores cortes que minimicen la diferencia intra-clases

FIGURA 2. Desarrollo metodológico.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

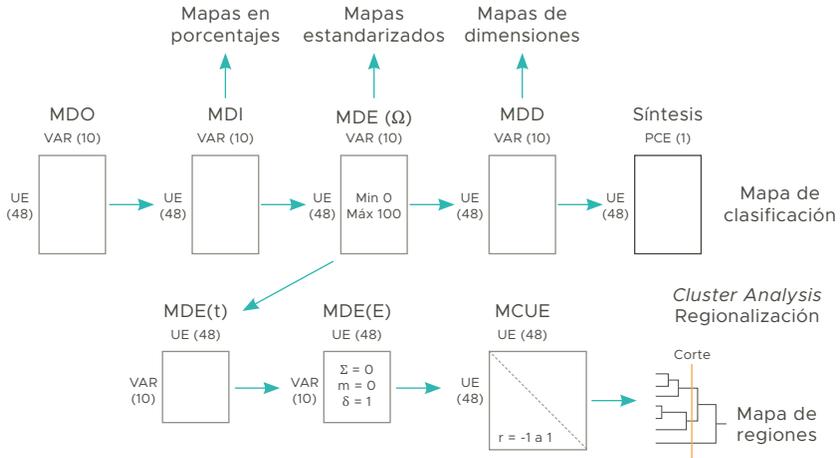
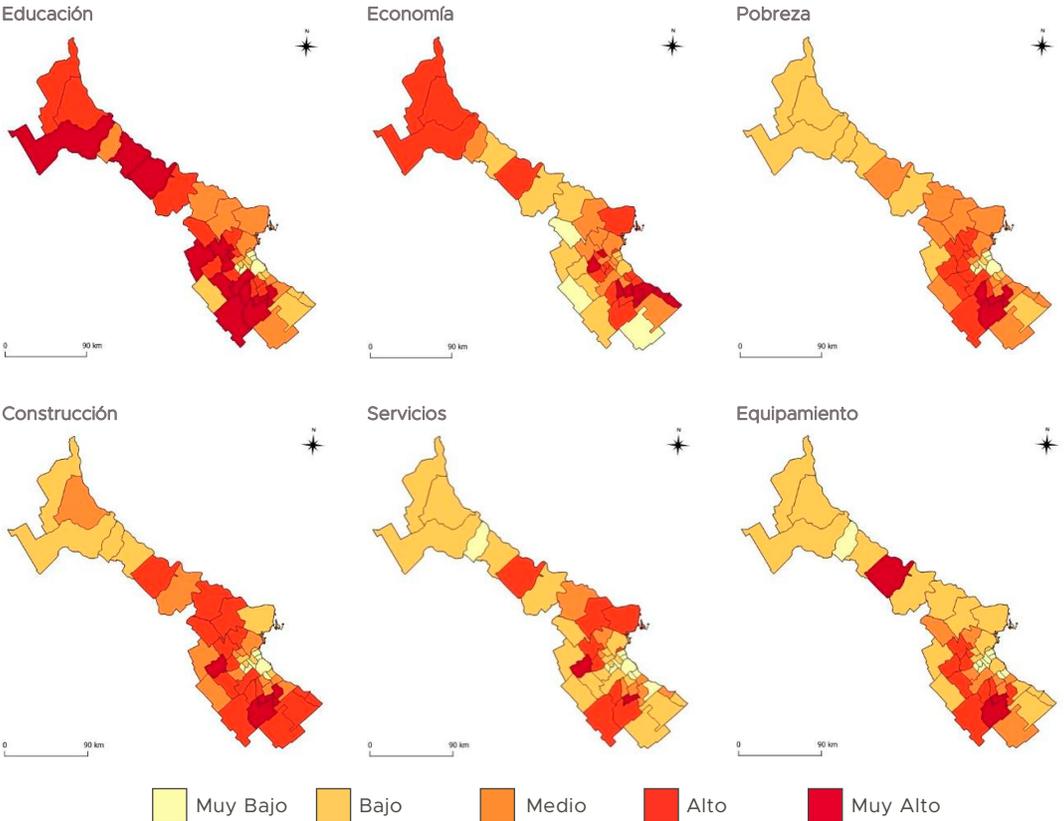


FIGURA 3. Distribución espacial de las dimensiones. Mapas representados en 5 intervalos de clase por cortes naturales.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



y la maximice entre clases. El ordenamiento de las clases se representa con diferente intensidad de colores en correspondencia a la intensidad del puntaje de estandarización representado.

La dimensión Educación es la que muestra mayor extensión en sus categorías muy alto y alto, incluyendo unidades espaciales del Gran Buenos Aires, sus municipios de borde, el corredor metropolitano y el Gran Rosario. Prácticamente se desarrolla con estas categorías por toda el área de estudio de forma lineal, sin tocar el Gran La Plata ni la CABA, pero con un desarrollo lineal de más de 300 km. En el extremo opuesto, la dimensión Pobreza muestra grandes concentraciones, un agrupamiento muy alto en el sur del Gran Buenos Aires y alto por el segundo anillo del Gran Buenos Aires, desarrollándose por el oeste hasta el norte. La dimensión Economía tiene un comportamiento intermedio con unidades espaciales externas del

Gran Buenos Aires, externas del Gran La Plata y del Gran Rosario. Las demás dimensiones, Construcción, Servicios y Equipamiento presentan sus datos más desfavorables en las áreas periurbanas del Gran Buenos Aires y destaca San Pedro, municipio del corredor metropolitano.

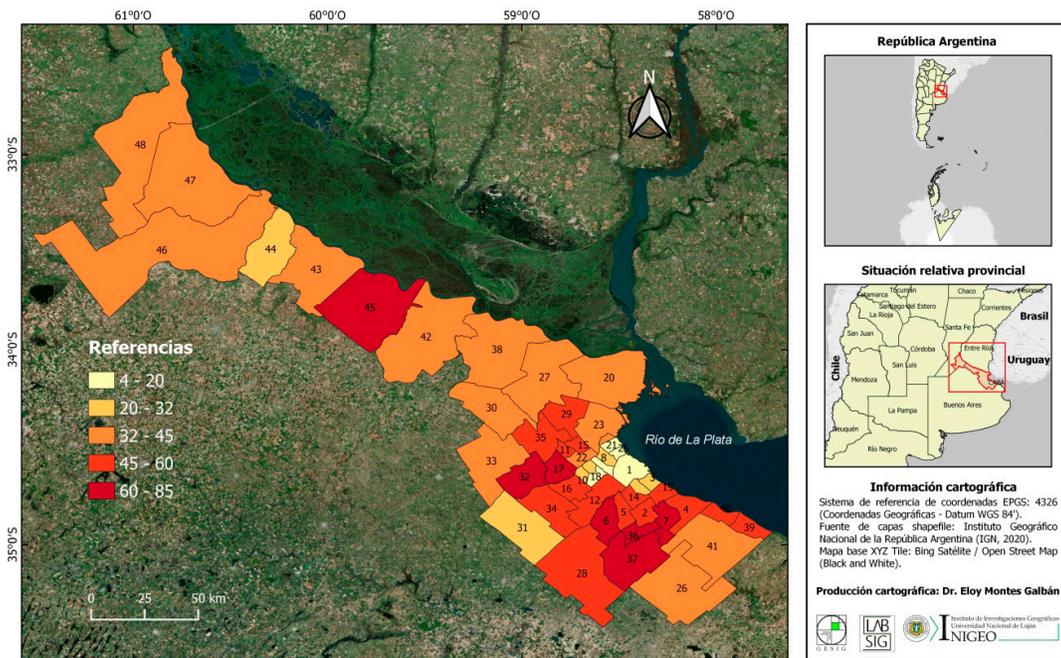
### 5.2. Síntesis multidimensional

La distribución espacial sintética a partir de la combinación de las 6 dimensiones utilizadas en el cálculo del PCE de los CSS se presenta en la FIGURA 4.

El mapa síntesis presenta la distribución del PCE con tonalidad más oscura en las áreas de mayor vulnerabilidad, aquellas en las que, en conjunto, la población tiene mayor vulnerabilidad socio-sanitaria, dos agrupamientos en la zona periurbana del Gran Buenos Aires y el municipio del corredor metropolitano destacado en varias dimensiones.

FIGURA 4. Clasificación espacial de los CSS. Capa temática de fracciones censales interiores de la megaciudad en 5 intervalos de clase por cortes naturales en colores graduados en relación a la intensidad del dato.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA





**TABLA 5.** Valores extremos de dimensiones en puntajes omega

|                 | Mínimo           | Máximo               |
|-----------------|------------------|----------------------|
| 1. Educación    | 0 <sup>(6)</sup> | 82,66 <sup>(4)</sup> |
| 2. Economía     | 0 <sup>(2)</sup> | 100 <sup>(1)</sup>   |
| 3. Pobreza      | 0 <sup>(6)</sup> | 100 <sup>(5)</sup>   |
| 4. Construcción | 0 <sup>(6)</sup> | 92,31 <sup>(5)</sup> |
| 5. Servicios    | 0 <sup>(6)</sup> | 81,48 <sup>(3)</sup> |
| 6. Equipamiento | 0 <sup>(6)</sup> | 100 <sup>(5)</sup>   |

(1) Berazategui, (2) Exaltación de la Cruz, (3) General Rodríguez, (4) Luján, (5) Presidente Perón y (6) Vicente López

**TABLA 6.** Matriz de especificidad en puntajes omega

| Dimensión      | Grupo 1 | Grupo 2 | Grupo 3 | Grupo 4 |
|----------------|---------|---------|---------|---------|
| EDUCACION_O    | 23,09   | 59,21   | 50,96   | 71,41   |
| ECONOMIA_O     | 52,50   | 28,74   | 75,76   | 73,73   |
| POBREZA_O      | 17,72   | 44,45   | 42,90   | 69,43   |
| CONSTRUCCION_O | 11,52   | 48,13   | 36,83   | 67,86   |
| SERVICIOS_O    | 10,96   | 34,20   | 31,65   | 56,40   |
| EQUIPAMIENTO_O | 15,27   | 45,14   | 39,50   | 77,39   |

unidades espaciales intervinientes. Esto permite ver la situación desfavorable de cada clase y, a la vez, agruparlas desde la situación más favorable hasta la menos favorable en una búsqueda de ordenamiento. De esta manera, la numeración de grupo fue realizada después de generar esta matriz.

Los grupos se representan espacialmente en la cartografía (FIGURA 6), en la cual quedan definidos los patrones de distribución espacial en claros agrupamientos con diferente grado de vulnerabilidad poblacional a los CSS, de acuerdo a los datos de la matriz de especificidad.

- **Grupo 1.** (Situación favorable - alta, 11 unidades espaciales, 1.314 km<sup>2</sup>): CABA, Avellaneda, General San Martín, Hurlingham, Ituzaingó, Lanús, Morón, San Isidro, San Nicolás, Tres de Febrero y Vicente López.
- **Grupo 2.** (Situación favorable - media, 14 unidades espaciales, 11.680 km<sup>2</sup>): Baradero, Brandsen,

Campana, Cañuelas, Escobar, Exaltación de la Cruz, General Las Heras, La Matanza, La Plata, Luján, Marcos Paz, Pilar, Ramallo y Zarate.

- **Grupo 3.** (Situación desfavorable - media, 14 unidades espaciales, 9.681 km<sup>2</sup>): Almirante Brown, Berazategui, Berisso, Constitución, Ensenada, Lomas de Zamora, Malvinas Argentinas, Merlo, Quilmes, Rosario, San Fernando, San Lorenzo, San Miguel y Tigre.
- **Grupo 4.** (Situación desfavorable - alta, 9 unidades espaciales, 3.325 km<sup>2</sup>): Esteban Echeverría, Ezeiza, Florencio Varela, General Rodríguez, José C. Paz, Moreno, Presidente Perón, San Pedro y San Vicente. Es el grupo que contiene a la población con mayores condiciones contextuales adversas y mayor vulnerabilidad sanitaria a partir de los CSS. En la TABLA 7 se presenta sus datos básicos.

FIGURA 6. Regionalización. Corte del dendrograma – Distancia euclidiana 7

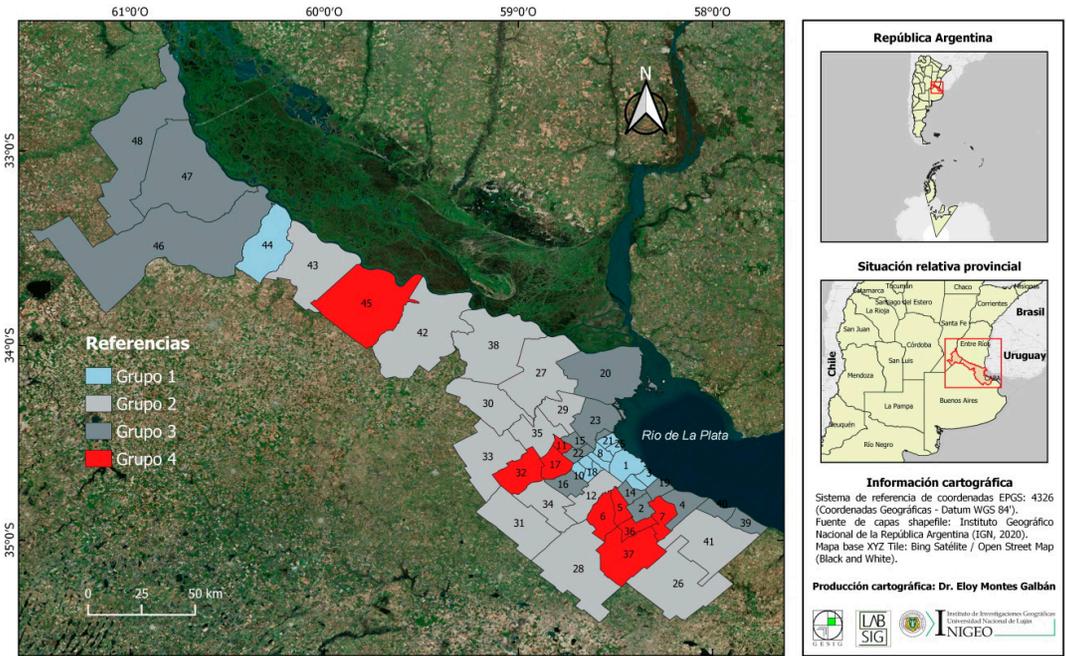


TABLA 7. Estadísticas básicas para el Grupo 4 en valores absolutos

| Variable        | Total     | Porcentaje                 | Mínimo | Máximo  | Promedio   |
|-----------------|-----------|----------------------------|--------|---------|------------|
| Población       | 1.896.012 | 100 (11,52) <sup>(1)</sup> | 59.036 | 452.505 | 210.668,00 |
| Varones         | 940.198   | 49,59                      | 29.066 | 224.291 | 104.466,44 |
| Mujeres         | 955.814   | 50,41                      | 29.970 | 228.214 | 106.201,56 |
| NuAsis          | 60.257    | 3,18                       | 1.562  | 15.121  | 6.695,22   |
| Analf_15        | 22.733    | 1,20                       | 670    | 5.584   | 2.525,89   |
| Desocupados     | 68.687    | 3,52                       | 1.951  | 17.023  | 7.631,89   |
| Pob_NBI         | 325.659   | 17,18                      | 6.163  | 87.790  | 36.184,33  |
| Hacinamiento    | 33.631    | 1,77                       | 650    | 8.298   | 3.736,78   |
| Pob_rancho      | 120.810   | 6,37                       | 1.954  | 37.727  | 13.423,33  |
| Hog_piso_tierra | 9.126     | 0,48                       | 376    | 2.115   | 1.014,00   |
| Hog_agua_ft     | 17.038    | 0,90                       | 222    | 4.656   | 1.893,11   |
| Hog_des_pozo    | 2.514     | 0,13                       | 77     | 599     | 279,33     |
| Hog.sin helad.  | 33.125    | 1,75                       | 1.151  | 7.843   | 3.680,56   |

Sobre el total de población de la megalópolis

De acuerdo a los resultados obtenidos, la regionalización (sin contigüidad espacial) generó cuatro áreas que presentan la mayor vulnerabilidad en partidos de la provincia de Buenos Aires: **1)** un agrupamiento en el sur de la Megaciudad Buenos Aires formado por Esteban Echeverría, Ezeiza, Florencio Varela, Presidente Perón y San Vicente; **2)** un agrupamiento al oeste formado por General Rodríguez, José C. Paz y Moreno, y **3)** un partido del corredor metropolitano: San Pedro.

Las unidades espaciales con población en situación de máxima vulnerabilidad concentran el 11,52% de la población del área de estudio, de la cual el 17,18% es población con necesidades básicas insatisfechas y el 6,37% vive en viviendas precarias.

Es importante señalar que la mayor parte de los problemas de salud están vinculados de una u otra manera a las condiciones socioeconómicas de la población que los padece, por lo que no exime a ninguna sociedad de ser vulnerable hacia alguna enfermedad en específico, por ejemplo, al tener malas condiciones socioeconómicas de saneamiento pueden padecer enfermedades tradicionales como lo son las gastrointestinales o respiratorias, mientras que las unidades con mejores condiciones pueden ser afectadas por enfermedades relacionadas con estilos de vida.

La descripción realizada centra su atención en el área de mayor vulnerabilidad con base a los CSS en la megalópolis argentina, esto no significa que no haya números impactantes en toda el área de estudio, pero en estas áreas se producen las

mayores concentraciones de proporcionalidad poblacional generando contextos altamente desfavorables de desarrollo social.

## 7. Consideraciones finales

A lo largo del desarrollo del trabajo se ha ejemplificado la aplicación del análisis espacial cuantitativo en el estudio de los CSS, denotando su importancia tendente a definir las áreas prioritarias de atención y las características poblacionales incluidas en ellas.

De igual modo, la aplicación de la metodología de análisis multivariado y la obtención de los PCE, combinado con el análisis multivariado con fines de regionalización, muestra un camino metodológico eficiente para diagnosticar las condiciones de contexto socioespacial de la población en apoyo a la toma de decisiones en el ámbito de las políticas públicas en materia sanitaria.

Los seis mapas de las dimensiones involucradas, el mapa síntesis y el mapa de regionalización obtenido por *cluster analysis* constituyen una herramienta de gran utilidad como aporte de la Geografía aplicada. En este sentido, la importancia de comprender espacialmente los CSS desde el trabajo de aplicación concreto permite definir estrategias que ayuden, mediante la intervención en variables objetivas, a equilibrarlos en la búsqueda de equidad espacial para la población. Los resultados son estructurales y actuar sobre ellos permitirá conseguir mejores niveles de salud en el área de estudio.

## 8. Agradecimiento

Al Dr. Eloy Montes Galbán, director del Grupo de Estudios sobre Geografía y Análisis Espacial con Sistemas de Información Geográfica (UNLu/CONICET) por la realización de la cartografía presentada en las FIGURAS 1, 4 y 6.

## 9. Nota

- 1 Al utilizar megalópolis se privilegia la identidad de una región urbana integrada funcionalmente. Esta región es nombrada como Eje fluvial-industrial pampeano, Frente fluvial pampeano, Eje industrial San Lorenzo-La Plata o Eje urbano-industrial del frente Paraná-del Plata.

## 10. Referencias citadas

- ANTHAMATTEM, P. & H. HAZEN. 2011. *An introduction of Geography of Health*. Blackwell. London, UK.
- BARCELLOS, C. y G. D. BUZAI. 2006. "La dimensión espacial de las desigualdades sociales en salud: aspectos de su evolución conceptual y metodológica". *Anuario de la División Geografía 2005-2006*, 5: 275-292.
- BARCELLOS, CH.; BUZAI, G. D. y P. HANDSCHUMACHER. 2018a. "Geografía e saúde: o que está em jogo? História, temas e desafios". *Confins*, 37: 1-12.
- BARCELLOS, Ch.; BUZAI, G.D. y P. SANTANA. 2018b. "Geografía de la Salud: bases y actualidad. (Número monográfico sobre Geografía y Salud)". *Salud Colectiva*, 14(1): 1-4.
- BAXENDALE, C. A. y G. D. BUZAI. 2003. "El crecimiento de la aglomeración de Rosario (1931-2000) y la pérdida de suelos productivos". *Fronteras*, 2: 24-25.
- BRENNER, N. 2013. "Tesis sobre la urbanización planetaria". *Nueva Sociedad*, (243): 38-66.
- BURTON, I. 1982 [1963]. "La revolución cuantitativa y la Geografía teórica". En: J. GÓMEZ MENDOZA; J. MUÑOZ JIMÉNEZ y N. ORTEGA CANTERO (Eds.), *El pensamiento geográfico*. pp. 412-420. Alianza. Madrid, España.
- BUZAI, G. D. 2009. "Sistemas de información geográfica en Geografía de la salud". En: J. A. PICKENHAYN (Comp.), *Salud y enfermedad en Geografía*. pp. 111-134. Lugar Editorial. Buenos Aires, Argentina.
- BUZAI, G. D. 2014. *Mapas Sociales Urbanos*. Lugar Editorial. Buenos Aires, Argentina.
- BUZAI, G. D. 2015. *Análisis Espacial en Geografía de la Salud*. Lugar Editorial. Buenos Aires, Argentina.
- BUZAI, G. D. 2020a. "Megaciudades de América Latina. Conceptos, modelos y Geografía de los procesos de estructuración urbana". *Anuario de la División Geografía*, 14: 1-27.
- BUZAI, G. D. 2020. "The cholera map by John Snow (London, 1854): A health solution as a conceptual summary of Applied Geography". *Anales de la Sociedad Científica Argentina*, 268(2): 5-18.
- BUZAI, G. D. y C. A. BAXENDALE. 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(2): 113-141.
- BUZAI, G. D. y E. MONTES GALBÁN. 2020. "Megaciudad Buenos Aires: cartografía de su última expansión y conurbación mediante el procesamiento digital de imágenes satelitales nocturnas", *Revista Cartográfica*, 100: 215-238.
- BUZAI, G. D. y M. V. SANTANA JUÁREZ. 2018. "Condicionantes socioespaciales de la salud (CSS): bases y alcance conceptual". *Anuario de la División Geografía*, 12: 170-184.
- CASTRO ALBARRÁN, J. 2011. "Promoción de la salud". En: R. GONZÁLEZ GUZMÁN, J.; CASTRO ALBARRÁN y L. MORENO ALTAMIRANO (Eds.), *Promoción de la salud en el ciclo de vida*. Capítulo 2. MacGraw-Hill Interamericana. México DF., México.

- CROMLEY, E. K. & S. L. McLAFFERTY. 2011. *GIS and Public Health*. The Guilford Press. New York, USA.
- CURTO, S. I. 2003. "Mapas en Geografía Médica". *Caderno Prudentino de Geografía*, 25: 111-129.
- DPOUYT. 2007. *Lineamientos Estratégicos para la Región Metropolitana de Buenos Aires*. Subsecretaría de Urbanismo y Vivienda, Ministerio de Infraestructura, Vivienda y Servicios Públicos, Gobierno de la Provincia de Buenos Aires. La Plata, Argentina.
- EMCH, M.; ROOT, E. D. & M. CARREL. 2017. *Health and Medical Geography*. New Guilford Press. New York, USA.
- FUENZALIDA DÍAZ, M.; COBS MUÑOZ, V. y R. GUERRERO ESPINOSA. 2013. "El territorio como unidad de análisis en estudios sobre las determinantes sociales de la salud". *Argos*, 30(59): 87-106.
- GARROCHO, C. 1995. *Análisis socioespacial de los servicios de salud*. El Colegio Mexiquense. Zinacantepec, México.
- GATRELL, A. C. & S. J. ELLIOTT. 2015. *Geographies of Health. An Introduction*. Routledge. Abingdon, UK.
- HAIR, J. F.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L. y W. C. BLACK. 1999. *Análisis multivariante*. Prentice Hall Iberia. Madrid, España.
- HOWE, G. M. 1985. "La Geografía Médica". En: E. H. BROWN (Ed.), *Geografía: pasado y futuro*. pp. 392-405. Fondo de Cultura Económica. México DF., México.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA y CENSOS (INDEC). 2003. *¿Qué es el Gran Buenos Aires?* Buenos Aires, Argentina.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA y CENSOS (INDEC). 2013. *Base de datos REDATAM. Base usuarios 2010*. Buenos Aires, Argentina.
- IÑIGUEZ, L. y Ch. BARCELLOS. 2014. "La cartografía en salud pública: viejos problemas y nuevas oportunidades". *Revista do Departamento de Geografía* (Número especial), 390-412.
- JENKS, G. 1967. "The data model concept in Statistical Mapping". *International Yearbook of Cartography*, 7: 186-190.
- KANAROGLU, P.; DELMELE, E. & A. PÁEZ. 2015. *Spatial Analysis in Health Geography*. Routledge. Abingdon, UK.
- KOCH, T. 2014. *Disease Maps*. The Chicago University Press. Chicago, USA.
- LANG, L. 2000. *GIS for Health Organizations*. Esri Press. Redlands, USA.
- MASSIN, T. 2016. "Un espacio productivo metropolitano: el caso del territorio intermedio entre Buenos Aires y Rosario". *Cuadernos de Geografía - Revista colombiana de Geografía*, 25(2): 59-74.
- MEJÍA, L. M. 2013. "Los determinantes sociales de la salud: base teórica de la salud pública". *Revista de la Facultad de Salud Pública*, 31: 28-36.
- OLIVERA, A. 1993. *Geografía de la Salud*. Síntesis. Madrid, España.
- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS). 2010. *Subsanar las desigualdades en una generación. Alcanzar la equidad sanitaria actuando sobre los determinantes sociales de la salud*. Informe final de la Comisión de los Determinantes Sociales de la Salud. Ediciones Journal, S. A. Buenos Aires, Argentina.
- PICKENHAYN, J. A. (Comp). 2009. *Salud y enfermedad en Geografía*. Lugar Editorial. Buenos Aires, Argentina.

- RAMÍREZ, M. L. 2005a. "Las tecnologías de la información geográfica aplicadas a la planificación territorial sanitaria". *Serie Geográfica*, 12: 57-82.
- RAMÍREZ, M. L. 2005b. "La moderna Geografía de la salud y las tecnologías de la información geográfica". *Investigaciones y ensayos geográficos*, 4(4): 53-64.
- SANTANA, P. 2014. *Introducción a la Geografía de la Salud: territorio, salud y bienestar*. Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México.
- SANTANA JUÁREZ, M. V. y M. G. GALINDO MENDOZA (Eds.). 2014. *Geografía de la Salud sin fronteras, desde Iberoamérica*. Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México.
- SANTOS PADRÓN, H. 2011. "Los determinantes sociales, las desigualdades en salud y las políticas, como temas de investigación". *Revista Cubana de Salud Pública*, 37(2): 136-144.
- SEGUINOT BARBOSA, J. 2014. "Aplicación de las geo-tecnologías en Geografía de la salud". En: M. V. SANTANA JUÁREZ y M. G. GALINDO MENDOZA (Eds.), *Geografía de la salud sin fronteras, desde Iberoamérica*. pp. 98-108. Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México.
- UN. 2018. *The World's Cities in 2018 – Data Booklet*. United Nations. Department of Economic and Social Affairs, Population Division. New York, USA.
- VILLERÍAS ALARCÓN, I. 2017. "Análisis espacial cuantitativo de los determinantes sociales de la salud en México". *Geografía y sistemas de información geográfica*, 9(9): 216-232.
- WARD, J. Jr. 1963. "Hierarchical Grouping to Optimize an Objective Function". *Journal of the American Statistical Association*, 58: 236-244.