

Muestreo aleatorio de base espacial y su utilidad en la investigación epidemiológica

Space-based random sampling and its usefulness in epidemiological research

Angela Marion Zambrana Vera^{1,a,b}, Sergio Alberto Avilés Ribera^{2,c}, Fernando Gumucio Zabalaga^{3,d}, Marcela Luizaga López^{4,e}, Paul Pineda Gamarra^{5,f}, Daniel Illanes Velarde^{4,e}

Resumen

La correcta aplicación de las técnicas del proceso de muestreo se ha hecho indispensable para la investigación en el campo de la epidemiología, el desafío de todo investigador, es que los resultados de unos cuantos, puedan ser extrapolables para una población. El presente artículo, es una revisión no sistemática, que proporciona información sobre la aplicación de un método de muestreo aleatorio asociado con una ubicación geográfica, para el estudio de "Valores de Referencia de la Fuerza de Agarre en adultos del departamento de Cochabamba-Bolivia". Primeramente, en la introducción se revisa la importancia de estimación de parámetros poblaciones de referencia, a partir de preguntas descriptivas. Seguidamente se menciona las características de la investigación epidemiológica asociada a la espacialidad; en tercer lugar, se detalla la metodología y las experiencias que conlleva la aplicación del muestreo en el proyecto. Finalmente se hace un hincapié en la necesidad y relevancia del uso de esta metodología.

Palabras claves: ubicación geográfica, muestreo aleatorio, epidemiología.

Abstract

The correct application of the sampling process techniques has become indispensable for research in the field of epidemiology, the challenge of every researcher, is that the results of a few can be extrapolated to a population. This article is a non-systematic review, which provides information on the application of a random sampling method associated with a geographical location, for the study of "Reference Values of Grip Force in adults of the department of Cochabamba-Bolivia". First, the introduction reviews the importance of estimating reference population parameters, based on descriptive questions. Next, the characteristics of the epidemiological research associated with spatiality are mentioned, in third place, the methodology and the experiences that the application of sampling in the project entails. Finally, an emphasis is placed on the need and relevance of the use of this methodology.

Keywords: geographical location, random sampling, epidemiology.

Hacer investigación en epidemiología es un reto metodológico y práctico que debe asegurar la validez y aplicabilidad objetiva de los resultados estudiados. Es importante no tener una respuesta sesgada al investigar la variabilidad y asociación de un hecho o un fenómeno. Para que esto no suceda en la literatura se recomienda estudiar la totalidad de sujetos que constituyen una población de interés. Pero, rara vez se puede observar y medir a un total de una población, las razones que limitan podrían ser: recursos económicos, recursos humanos calificados, tiempo y las dificultades geográficas. Según Rothman, esta población puede ser ilimitada, en cuyo caso, la cobertura completa de la población es denominado un imposible lógico¹.

Cuando es un estudio analítico o experimental, este presenta un número finito de una población de interés, en cambio cuando se trata de un estudio epidemiológico descriptivo la población general es infinita, es decir genérica, a la cual se

denomina "población de referencia" llena de características definidas por el investigador, por ejemplo, poblaciones diabéticas, pacientes obesos, obesos hipertensos, etc.

Como son poblaciones genéricas, con un potencial número ilimitado de elementos, es matemáticamente imposible determinar sus parámetros: el denominador de cualquier proporción siempre será infinitos y las fracciones calculadas siempre serán cero.

Dicho concepto matemático corresponde con el concepto epistemológico de imposibilidad de hacer afirmaciones generales con base a observaciones particulares, conocido como falacia de la inducción o afirmación del consecuente².

A pesar de la mencionada imposibilidad matemática de determinar parámetros de referencia de una población, cuando se genera conocimiento científico se establecen relaciones matemáticas, que explican los fenómenos que ocurren en estas poblaciones genéricas.

Para solucionar este problema, existe métodos, técnicas o modelos de muestra y procesos de muestreo para sujetos que definan una población, con la premisa de que esta muestra o subconjunto de personas, represente adecuadamente la composición y variabilidad de los elementos integrantes, y que las observaciones y conclusiones puedan utilizarse para generalizar o extrapolar los resultados; se trata de inferencia inductiva, un esfuerzo de inferir lo particular a lo general³.

¹IIBISMED, Cochabamba, Bolivia.

²Técnico en SIG-CLAS, Cochabamba, Bolivia.

³Técnico AutoCAD & SIG, Cochabamba, Bolivia.

⁴MD -IIBISMED, Cochabamba, Bolivia.

⁵CLAS, Cochabamba, Bolivia.

⁶MSc. Epidemiología clínica, ⁷Lic. en Nutrición, ⁸Ing. Civil, ⁹Ing. Ambiental, ¹⁰MSc en Salud Pública, ¹¹MSc. Arquitecto.

*Correspondencia a: Angela Marion Zambrana Vera

Correo electrónico: angelamzv@gmail.com

Recibido el 02 de marzo de 2020. Aceptado el 26 mayo de 2020.

Por lo tanto, la estimación de parámetros poblacionales de referencia deben ser fundamentalmente a partir de preguntas descriptivas y el proceso de muestreo en lo posible debe ser aleatorio, ya que solo los muestreos probabilísticos aseguran remover los sesgos de selección producidos y permiten hacer una estimación no sesgada de los parámetros poblacionales. Por ende, el objetivo de este artículo de revisión no sistemático es describir el uso de un mecanismo de probabilidad diseñado a partir de la componente espacial, el cual garantiza que la probabilidad de un elemento con una característica particular de ser incluido en la muestra, sea proporcional a la frecuencia de dicha característica de la población de referencia.

Investigación Epidemiológica Asociada A La Espacialidad

Desde que se establecieron las coordenadas básicas de la epidemiología, de tiempo, lugar y persona⁴, la espacialidad se insertó en el contexto de investigación, tomando en cuenta que la premisa fundamental es que las poblaciones y sus condiciones de vida, salud y enfermedad no se disponen caóticamente sobre un territorio, sino que siguen pautas geográficas, socioeconómicas y culturales bien definidas⁵.

El monitoreo de la variación geográfica en la distribución de enfermedades y la investigación para comprender las razones subyacentes a dicha variación son, habitualmente, un punto de partida importante. El estudio de la distribución geográfica y la asociación espacial de los eventos en salud puede denominarse epidemiología espacial⁶.

Al enfrentarse a eventos de salud, los epidemiólogos y otros profesionales de la salud deben prestar especial atención a la primera ley de la geografía, definida por Waldo Tobler en 1970, **“todo está relacionado con todo lo demás, pero las cosas cercanas están más relacionadas que las cosas distantes”**⁷, donde se considera el agrupamiento espacial de los individuos con un patrón característico, pudiendo ubicarse y relacionarse por un par de coordenadas, una dirección o un área; lo que se ha denominado como “Análisis Espacial”.

En el ámbito epidemiológico, el análisis espacial procesa eventos o entidades georreferenciadas para crear nueva información que pueda representarse en mapas⁸. Los datos utilizados para ello pueden ser puntuales o agrupados, dependiendo de la unidad de análisis estudiada. Cuando la unidad de análisis es el individuo, los datos se denominan puntuales, representado en el mapa los puntos con la ubicación geográfica exacta en la que se ha producido el evento de interés, ya sea enfermedad, defunción, o cualquier otro suceso. Si la unidad de análisis es el área geográfica, los datos reciben el nombre de agrupados o ecológicos y la variable de interés corresponde a características de la zona geográfica, no de los individuos⁹. Con este tipo de evaluación es posible realizar predicciones de patrones espacio-temporales sobre el futuro comportamiento de las enfermedades y controlar e identificar las áreas hacia las que se deben dirigir las acciones, permitiendo capturar y utilizar la componente espacial en los datos epidémicos¹⁰.

La componente espacial está ligada a la posición dentro de un sistema de referencia establecido por objetos y las

relaciones espaciales que existe entre ellos¹¹. Hace que la información pueda calificarse como geográfica, ya que sin ella no se tiene una localización, y por tanto el marco geográfico no existe.

La componente espacial responde a la pregunta ¿dónde? a: 1) la ubicación geográfica, 2) las propiedades espaciales de los objetos o individuos, y a 3) las relaciones espaciales que existen entre ellos. Partiendo de esta base al conocer el área geográfica que se estudia en un Sistema de Información Geográfica (es decir, tener los datos sobre ella), se puede realizar la asociación con variables epidemiológicas, ya sea en el marco metodológico o en los resultados del comportamiento del evento estudiado¹².

Muestreo Aleatorio de Base Espacial

Etimológicamente la palabra muestra (parte representativa, espécimen, ejemplar, prototipo) viene del latín *monstrare* (mostrar) y de esta derivan las palabras, muestreo (técnica de recoger partes que representan la calidad de un todo) y muestrear (aplicación de la acción del muestreo).

Dentro de la teoría del muestreo existe infinidad de estudios y recursos académicos que exponen detalladamente sobre el uso, las clasificaciones, los desarrollos, las ventajas, y las desventajas de la misma¹³. En el proceso de la decisión por un cierto tipo de muestreo, debe suponerse que el investigador está familiarizado con las variables que desea estudiar, porque al obtener resultados generalizables para el universo se debe buscar la diversidad de las relaciones, lo que se denomina “heterogeneidad estructural”, es decir en términos operativos, los niveles estructurales que definen la heterogeneidad de la muestra son el eje espacial, eje socioeconómico, y el eje temporal¹⁴.

En la ciudad de Cochabamba, Bolivia existen antecedentes de utilización de metodologías de muestreo, como el de LQAS (Lot Quality Assurance Sampling) que se utilizó en un estudio departamental de conocimientos y prácticas¹⁵. Esta metodología, desarrollada originalmente en la década de 1920¹⁶, como un método de control de calidad en la producción industrial.

En el contexto de la investigación moderna, LQAS se ha convertido en un método de muestreo aceptado en salud pública, equivalente a un muestreo estratificado. Los tamaños de muestra pueden ser más pequeños y es visto como una herramienta valiosa para el monitoreo rutinario de la cobertura geográfica¹⁷. Por ejemplo, en 1996 la Organización Mundial de la Salud utilizó este método (Figura A1) para evaluar las coberturas de vacunación¹⁸. LQAS consiste en dividir el ámbito de intervención en áreas de supervisión (lotes), frecuentemente en 19 muestras para la precisión aceptable de al menos 92% en conclusiones “dicotómicas”¹⁹.

Para el estudio de investigación “Valores de Referencia de la Fuerza de Agarre en adultos de Cochabamba”, que tenía como objetivo determinar la variabilidad de la fuerza de agarre en ambas manos de hombres y mujeres entre 20 y >60 años, a través de mediciones dinamométricas, y siendo un epidemiológico descriptivo y transversal, se requirió

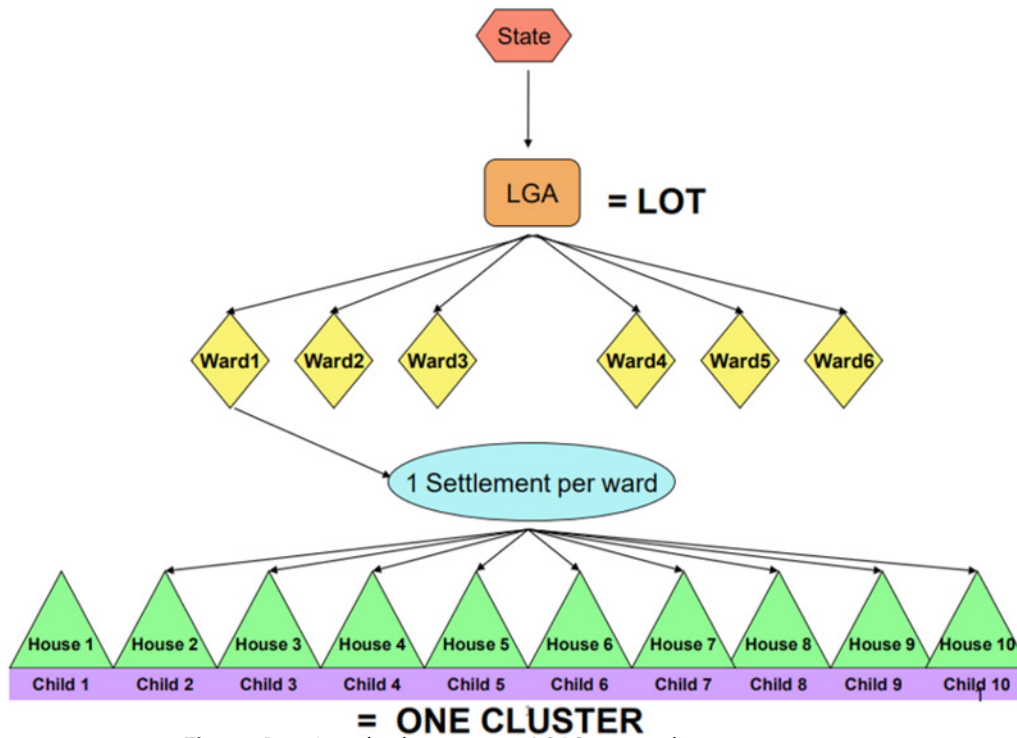


Figura A1: ejemplo de muestreo LQAS agrupado propuesto en Nigeria (Global Polio Eradication Initiative, 2012)

tratar de garantizar una muestra representativa y un proceso de muestreo aleatorio para la población de referencia, en la ciudad de Cochabamba-Bolivia.

Para desarrollar el método de muestreo aleatorio asociado con una ubicación geográfica, desde el 2017, se ha trabajado en convenio con el Centro de Levantamiento aeroespacial y aplicaciones en sistemas de información geográfica (CLAS) de la Universidad mayor de San Simón, en Cochabamba.

Para la realización del método fue necesario información básica desagregada y agregada de coordenadas, desde el área amanzanada urbana y rural de la comunidad, municipios y provincias del departamento de Cochabamba. Durante los primeros meses, se realizaron las gestiones necesarias para obtener información de los servicios WFS (web feature services) del sistema de información geográfica estadística para el desarrollo SIGED*, ya que los WFS están orientados a facilitar la información geográfica (Puntos, líneas y polígonos) a través de la web, el cual permite la descarga de información en formato *shape*.

Un shapefile es un formato sencillo y no topológico que se utiliza para almacenar la ubicación geométrica y la información de atributos de las entidades geográficas²⁰.

* (http://geo.ine.gob.bo/cartografia/index.php/visualizador_controller/visualizador_i3geo/)

Para dicho acceso al WFS del SIGED se necesita un usuario y contraseña, que debe ser proporcionada por el instituto nacional de Estadística INE, en nuestro caso, se hizo las gestiones correspondientes, pero nunca fue facilitado.

Se debe señalar que el SIGED funciona con el programa

i3Geo 6.0 (Interface Integrada para Internet de Herramientas de Geoprocesamiento) que es una aplicación para el desarrollo de mapas interactivos en la web, que integra varias aplicaciones de código abierto en una sola plataforma de desarrollo, principalmente Mapserver y OpenLayers. El programa se distribuye con licencia GPL (GNU General Public License), que permite acceder al código fuente y modificar, distribuir y compartir el software, este fue creado por el Ministerio de Medio Ambiente (MMA) de Brasil en 2004²¹.

Este programa i3GEO, puede exportar mapas de áreas amanzanadas de manera libre al formato SVG (scalable vector graphics), que es un formato vectorial poco conocido, pero muy útil para su uso online por su flexibilidad y por la capacidad de ofrecer gráficos con alta calidad.

Con el equipo de investigación se hizo la revisión de literatura especializada de metodologías de exportación de formatos, específicamente de SVG a ShapeFile.

Este proceso se realizó mediante 2 conversiones intermedias de formatos los cuales fueron de SVG a PDF (Portable Document Format) y de PDF a DWG (Drawing) que es un archivo binario usado para almacenar datos de diseño en dos y tres dimensiones, utilizado principalmente por el programa AutoCAD²².

Una vez que el mapa en área amanzanada estaba en formato DWG, se verificó en el programa AutoCAD que los polígonos y líneas tengan las separaciones correspondientes de las calles.

Efectuado este punto, se exportó al formato *Shape*, para obtener información básica de coordenadas, desde el área amanzanada, con el programa ARCGIS v10.

Se obtuvieron coordenadas de áreas amanzanadas de 47 municipios, de los cuales se excluyeron lugares geográficamente con densidad poblacional menor a 15 habitantes por km²; con el resultado de inclusión de 30 municipios (Figura A2). Teniendo la información de los datos espaciales, es decir las coordenadas, la misma se asoció con las variables dependientes de la fuerza de agarre (la edad y género), formando la base de datos para el proceso de muestreo.

El tamaño muestra del estudio fue de 384 sujetos, con un margen de error de 5, nivel de confianza de 95 y variabilidad del 50%; estratificado por 5 grupos etarios dividido en 10 años cada uno (20-29,30-39,40-49,50-59,60+); se creó los puntos aleatorios en todo el departamento de Cochabamba, con la premisa de que cada punto resulte en una sola área amanzanada, sin que se repitan los puntos.

Esta metodología se la denominó “MUESTREO ALEATORIO DE BASE ESPACIAL”.

Para la visualización de los puntos aleatorios en tiempo real, se utilizó el programa Google Earth. El procedimiento del trabajo de campo se inició con encontrar la ubicación geográfica del punto aleatorio, utilizando el GPS MAPS64 Garmin, en el caso de existir más de 5 personas adultas por familia en el lugar, se utilizó el método de KISH, que es un método de muestreo utilizado para seleccionar un individuo al azar dentro de un hogar. Utiliza una tabla predeterminada

para seleccionar un individuo, basándose en el número total de individuos que viven en el hogar²⁶. El mismo día se efectuó la forma del consentimiento informado, la ficha de criterios de selección, y el llenado de la encuesta dinamométrica nutricional correspondiente al estudio.

Al no encontrar personas en el punto de referencia aleatorio, se utilizaron métodos de reemplazo de puntos, con un azar dentro de los 8 metros de área según el GPS.

Discusión

Trabajar con datos espaciales tiene una serie de implicaciones que se consideraron con detenimiento antes de llevar a cabo cualquier análisis. Entendemos por dato espacial todo aquel que tiene asociado una referencia geográfica, de tal modo que podemos localizar exactamente “donde” sucede dentro de un mapa²³. A esta definición se incluyen datos de campos (superficies) o datos asociados a objetos como puntos, líneas o polígonos.

Haciendo caso a la primera ley geográfica de Tobler, se utilizó la autocorrelación espacial, que es la constatación de que existe relación entre un elemento y aquello que se halla en sus aledaños, es decir, se correlacionó la variable espacial (coordenadas) con las variables dependientes importantes de la fuerza de agarre, para no cometer el Problema de la Unidad

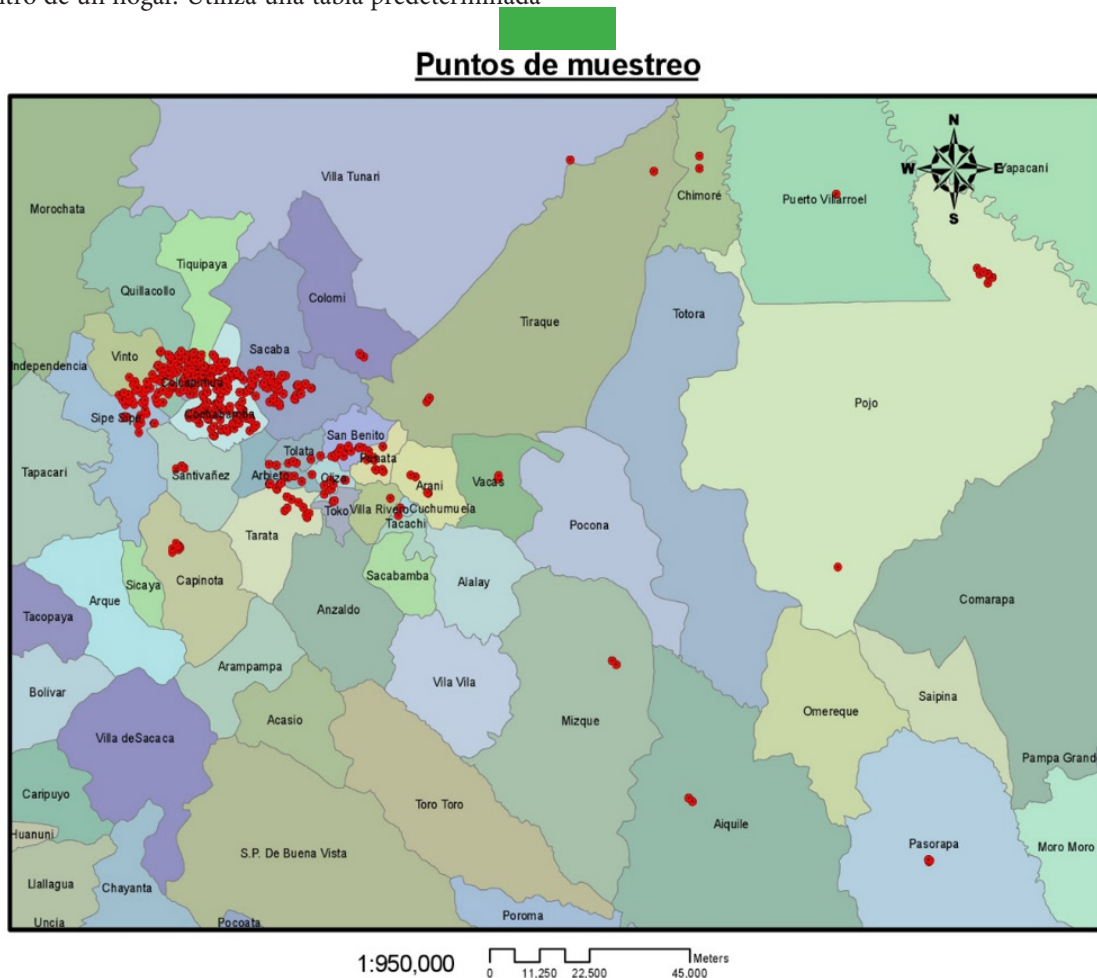


Figura A2: puntos de muestreo del estudio, según municipio, Cochabamba

de Área Modificable (PUAM)²⁴.

Un problema particular relacionado con el PUAM es la denominada "falacia ecológica"²⁵, que consiste en asumir que los valores calculados para una unidad de área pueden aplicarse a los individuos de la población existente en dicha área, esta sólo puede utilizarse en el caso de que exista una completa homogeneidad para la variable analizada, lo cual muy raramente sucede.

Buena parte de la información generada en el SIG, puede ser recogida originalmente a una escala determinada y a veces se agrupa en unidades mayores para su manejo.

Estos efectos están muy relacionados. En líneas generales, el uso de unidades pequeñas equivale a un número de elementos menor, con lo que conlleva menor fiabilidad estadística. Así, el uso de unidades más grandes equivale a que sean estadísticamente más fiables, pero pierde todas las variaciones locales. La autocorrelación espacial es útil para procesos como la interpolación, ya que podríamos estimar el valor de lugares en los que no tuviéramos datos.

Una de las limitaciones para este proceso, apartando las estrictamente asociadas a los recursos materiales, son frecuentemente: 1) la falta de correspondencia entre las unidades territoriales en que generan las diferentes bases de datos, 2) los diferentes sectores administrativos, 3) la diferencia de formatos, 4) la carencia en formato digital, y principalmente 5) la dispersión de las informaciones necesarias y la definición del costo para la obtención o elaboración de los bancos de datos. La información espacial, los mapas, la búsqueda de formatos *Shape*, no eliminan sino reproducen las deficiencias de los sistemas de información en salud, así como las de sistemas de otros sectores²⁷.

Al trabajar con unidades espaciales (países, ciudades, municipios, regiones censales, empresas) aparecen efectos de la distribución de la población que no es condicionada por la componente espacial, es decir, como se trabajó con una muestra estratificada por grupos etarios, va existir una variabilidad y/o falta en dichos grupos.

Además, que, al enfocar el tema desde un punto de vista espacial, surgen otras variables que pueden ser de interés en este tipo de estudio epidemiológicos; por ejemplo, el uso del espacio o actividad que se realiza en un espacio geográfico puede afectar los resultados. Realizar la encuesta o procesos de muestreo en una zona residencial, por ejemplo, en horarios laborales tendrá como resultado que no estén presentes los

sujetos de la muestra dentro los rangos de edad de interés, porque estos están en sus fuentes de trabajo, dando la impresión de una alta densidad demográfica. Es importante analizar estos aspectos para ajustar los modelos de manera que reflejen de mejor manera la realidad.

Como conclusión, la investigación nunca es perfecta, se puede diseñar el mejor método de aleatoriedad para un estudio descriptivo, para lograr la codiciada inferencia, pero el comportamiento de la población de interés difiere cuando se realiza el trabajo de campo. Se debe tomar en cuenta métodos de remplazo de población, que no afecten la aleatoriedad.

En cuanto a los datos espaciales, éstos presentan particularidades de gran importancia en los procesos de análisis; siendo los más relevantes: la existencia de una estructura, la presencia de efectos de borde o los efectos de escala, y derivados tales como el denominado Problema de la Unidad de Área Modificable.

La autocorrelación espacial es otro de los elementos que siempre debe tenerse en cuenta a la hora de estudiar los datos espaciales en epidemiología, pues condiciona los resultados de los análisis según sea dicha autocorrelación.

En cuanto al método de aleatoriedad de base espacial, debe ser trabajado y mejorado para que se apliquen en la investigación de las ciencias en salud, aunque es la primera vez que se utiliza y valida en nuestro medio, es una nueva alternativa de trabajo multidisciplinario que abre camino a dirigir la metodología operativa para la representatividad poblacional, el cual, aporta a la mejora de la calidad de investigación en el área de epidemiología.

Agradecimientos

Por el financiamiento del proyecto, al programa de apoyo institucional d AI-BELGICA ARES/CCD y al programa de becas de la Agencia Sueca de Cooperación (ASDI).

Por el trabajo multidisciplinario al Centro de Levantamiento Aeroespacial y aplicaciones en sistemas de información geográfica (CLAS) y al Instituto de Investigaciones Biomédicas e investigación social IIBISMED de la Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba-Bolivia. Y a todo el personal involucrado en el proceso.

Conflicto de interés

Los autores declaramos no tener ningún tipo de conflicto de intereses

Referencias bibliográficas

- Rothman kj. Greenland s, lash tl validity epidemiologic studies. En rothman kj. Greenland s, lash tl. Modern epidemiology. 3er ed. Philadelphia: wolters kluwer health\lippincott williams &willkins;2008. P. 758
- Morales, a.r., zárate, l.e.m. Epidemiología clínica: investigación clínica aplicada, 1 ra ed. Colombia, editorial médica panamericana ;2004.p. 73
- A rodríguez, a.r., probabilidad e inferencia científica, 1ra ed, anthros editorial, 1991; p. 33
- Alegret rodríguez m, herrera m, grau abalo r. Las técnicas de estadística espacial en la investigación salubrista: caso síndrome de down. Rev cubana sal públ [revista en la internet]. 2008 [citado 13 de agosto de 2013];34(4). Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s0864-34662008000400003&lng=es
- Lemus, jorge d., valentín aragües y oroz, and maría carmen lucioni. Administración hospitalaria y de organizaciones de atención de la salud: jorge d. Lemus, valentín aragües y oroz y maría carmen lucioni. 2a. Ed. -pag 345-. Buenos aires: corpus, 2014.
- Pina mf, ferreira alves s, correia ribeiro as, castro olhero a. Epidemiología espacial: nuevos enfoques para viejas preguntas. Univ odontol. 2010 jul-dic; 29(63):47-65. Disponible en <http://www.javeriana.edu.co/universitasodontologica>.
- Tobler wr. A computer movie simulating urban growth in the detriot region. Economic geography. 1970 jun; 46(suppl.): 234-40.

8. Ocaña-riola r, sánchez-cantalejo c. Información estadística y cartográfica de andalucía 2012; 2: 146-153.
9. Ocaña-riola r, mayoral jm, sánchez-cantalejo c, toro s, fernández a, méndez c. Atlas interactivo de mortalidad en andalucía (aima). Revista española de salud pública 2008; 82: 379-394
10. Bailey tc. Spatial statistical methods in health. Cad saúde pública. 2001 sep-oct; 17(5): 1083-98.
11. Gutiérrez puebla, j., y gould, m. (1994): sic: sistemas de información geográfica. Madrid, síntesis
12. Gatrell ac, bailey tc, diggle pj, rowlingson bs. Spatial point pattern analysis and its application in geographical epidemiology. Trans inst br geogr. 1996; 21:256-74.
13. Álvaro dávila, g. (2018). Aplicación del muestreo sistemático en áreas rurales de poca accesibilidad de la amazonía ecuatoriana: el uso de la fotografía aérea en el muestreo sistemático. Revista universitaria de geografía, 27(1), 29-48. Recuperado en 30 de agosto de 2018, de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s1852-42652018000100003&lng=es&tlng=es.
14. Cantoni, r. M. (2009). Muestreo y determinación del tamaño de la muestra de investigación cuantitativa. Revista argentina de humanidades y ciencias sociales, 7(2). Recuperado de http://www.sai.com.ar/metodologia/rahycs/rahycs_v7_n2_06.htm
15. Mamani ortiz yercin, olivera quiroga vania, luizaga lopez marcela, illanes velarde daniel elving. Conocimientos y prácticas sobre lactancia materna en cochabamba-bolivia: un estudio departamental. Gac med bol [internet]. 2017 dic [citado 2018 ago 12]; 40(2): 12-21. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s1012-29662017000200004&lng=es.
16. Dodge, hf, y romig, hg (1929). "un método de inspección de muestreo". Bell system technical journal 8: 613-31. Disponible en : <https://archive.org/details/bstj8-4-613>
17. Piot, b., mukherjee, a., navin, d., krishnan, n., bhardwaj, a., sharma, v., & marjara, p. (2010). Lot quality assurance sampling for monitoring coverage and quality of a targeted condom social marketing programme in traditional and non-traditional outlets in india. Sexually transmitted infections, 86(suppl_1), i56-i61. <http://doi.org/10.1136/sti.2009.038356>
18. Robertson, s. (1996). Monitoreo de los servicios de inmunización utilizando la técnica de calidad del lote. Organización mundial de la salud: ginebra. Disponible en: https://extranet.who.int/ivb_docs/documents/1049
19. Robertson se, anker m, roisin aj, macklai n, engstrom k, laforce fm. The lot quality technique: a global review of applications in the assessment of health services and disease surveillance. World health stat q. 1997;50(3-4) 199-209. Pmid: 9477550
20. [Http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/shapefiles/what-is-a-shapefile.htm](http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/shapefiles/what-is-a-shapefile.htm)
21. [Https://softwarepublico.gov.br/social/i3geo/historico-de-foruns/geral-usuarios-e-desenvolvedores/mrsid-no-i3geo](https://softwarepublico.gov.br/social/i3geo/historico-de-foruns/geral-usuarios-e-desenvolvedores/mrsid-no-i3geo)
22. «detalles de la extensión de archivo .dwg». Fileinfo - the file extension. Computer knowledge.
23. Haining r (2003), "spatial data analysis: theory and practice." cambridge university press.
24. Openshaw s (1983), "the modifiable areal unit problem." geobook ,spp. 127-144. Pion.
25. Kenneth e. Foote and donald j. Huebner. 1995. Error, accuracy, and precision. Department of geography, university of texas at austin. Recuperad el 5 de noviembre de 2014
26. Ferrero, f. Una solución alternativa al problema de la selección controlada, revista de economía y estadística, tercera época, vol. 16, trimestre, pp. 47-64.disponible en <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/reve/article/view/3683>
27. García gonzález, juan antonio y cebrián abellán, francisco. La interpolación como método de representación cartográfica para la distribución de la población: aplicación a la provincia de albacete. En: xii congreso nacional de tecnologías de la información geográfica. Granada, 2006. P. 1923. Disponible en: http://www.age-geografia.es/tig/docs/xii_1/012%20-%20garcia%20y%20cebrian.pd