



## REVISTA UD Y LA GEOMÁTICA

<http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/UDGeo/index>

DOI:<http://dx.doi.org/10.14483/udistrital.jour.udgeo.2014.8.a04>



REVISIÓN

### Análisis demográfico de la zona urbana de San Luis Potosí. Un estudio realizado en la materia de Geoestadística del programa de Ingeniería Geomática de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP)

Demographic analysis of the urban area of San Luis Potosí. A Study Conducted in the Course of Geostatistics in the Geomatics Engineering Program at Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP)

*Cristina Noyola-Medrano<sup>a</sup>, Adriana R. Martínez-Bravo<sup>b</sup>, Marco A. Rojas-Beltrán<sup>c</sup>*

Citation / Para citar este artículo: Noyola-Medrano C., Martínez-Bravo A.R. & Rojas-Beltrán M. Análisis demográfico de la zona urbana de San Luis Potosí. Un estudio realizado en la materia de Geoestadística del programa de Ingeniería Geomática de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP). UD y la Geomática, (7), pp. 27 – 37.

Fecha de recepción: 30 de septiembre de 2014 / Fecha de aceptación: 15 de diciembre de 2014

#### RESUMEN

Este trabajo presenta una aplicación realizada en la materia de Geoestadística que es parte del currículum de Ingeniería Geomática de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP), en México. Los alumnos analizaron 16 variables demográficas extraídas del censo de población y vivienda del año 2010 para la zona urbana de San Luis Potosí (SLP). Los resultados muestran que la mayoría de la población está concentrada al noroccidente y suroccidente de SLP. Sin embargo, la población mayor a 60 años se concentra en la parte central. En cuanto al nivel de educación, son los sectores norte y sur los que concentran a la población mayor de 15 años que sólo cursó primaria o secundaria. No obstante, en la parte occidental está la población que tiene mayor grado académico (población que estudió 15 años o más). Con respecto a salud, la variabilidad de la población muestra que las personas sin derechohabencia se concentran en el norte. Así mismo, son notables 4 zonas que concentran a la población con limitación mental. A partir de los anteriores datos, el trabajo reportado aquí permitió concluir que la geoestadística es útil para estudiar diversas variables en un espacio geográfico, por lo que su conocimiento es importante para el desarrollo profesional del geomático.

**Palabras clave:** Geoestadística, variable demográfica, análisis espacial, Ingeniería Geomática, educación.

#### ABSTRACT

This paper presents an application carried out in the course of Geostatistics which is part of the curriculum of Geomatics Engineering program at Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP), in Mexico. The students analyzed 16 demographic variables from "el censo de población y vivienda del año 2010" for the urban area of San Luis Potosí (SLP). The results show that most of the population is concentrated in the Northwest and Southwest zones of SLP. Nevertheless, the population over 60 years is concentrated in the central part. Regarding the level of education, the 15-year-old population which received only elementary and/or secondary education is concentrated in the Northern and Southern zones. However, the population with a higher academic degree (people who studied 15 years or more) is located in the western area. Regarding health system, the variability of the population shows that people without medical services is concentrated in the North. Furthermore, there are 4 notable zones which concentrate the population with mental illness. From the above data, the work reported here supports the conclusion that Geostatistics is useful for studying several variables in a geographical space. Therefore, the knowledge of Geostatistics is important for the professional development of the Geomatics Engineer.

**Keywords:** Geostatistics, demographic variable, spatial analysis, Geomatics Engineering, education.

<sup>a</sup>Universidad Autónoma de San Luis Potosí / Facultad de Ingeniería / Av. Manuel Nava No. 8, Campus Universitario Poniente, CP 78290, San Luis Potosí, SLP. [cristina.noyola@uaslp.mx](mailto:cristina.noyola@uaslp.mx)

<sup>b</sup>Universidad Autónoma de San Luis Potosí / Facultad de Ingeniería / Av. Manuel Nava No. 8, Campus Universitario Poniente, CP 78290, San Luis Potosí, SLP. [adros.mabra@gmail.com](mailto:adros.mabra@gmail.com)

<sup>c</sup>Universidad Autónoma de San Luis Potosí / Facultad de Ingeniería / Av. Manuel Nava No. 8, Campus Universitario Poniente, CP 78290, San Luis Potosí, SLP. [marco.beltran@uaslp.mx](mailto:marco.beltran@uaslp.mx)

## 1. Introducción

La geoestadística es una rama de la estadística aplicada que se especializa en el análisis y la modelación de la variabilidad espacial de un fenómeno natural o social. Aunque la creencia general es que la Geoestadística se originó en 1951 por la minería, en realidad se remonta a principios de 1910 en la agronomía y la década de 1930 en meteorología (Webster & Oliver, 2001). Actualmente, la geoestadística se aplica en diversas ramas de las ciencias como el petróleo, la minería (Aguilar, de Lacerda, Miguens & Marins, 2014), la pesca, la geofísica marina, la hidrogeología (Mouhri *et al.*, 2013, p. 204), el medio ambiente (Khalil *et al.*, 2013), los estudios forestales (Solana & Merino, 2011), la salud pública (Gething *et al.*, 2007), el transporte (Wang, Zhuang & Liu, 2012), el procesamiento de imágenes, la cartografía (Sun, Shao, Liu & Zhai, 2014), las finanzas (Hu, Cheng, Wang & Xu, 2013), las ciencias de materiales, la meteorología (Hernández, Saldaña, Rodríguez & Manzano, 2014), la edafología, etc. Dada su importancia, en la Universidad Autónoma de San Luis Potosí se imparte la materia de Geoestadística como asignatura optativa del plan de estudios de la carrera de Ingeniería Geomática. El propósito

de esta materia es proporcionar al alumno los conocimientos necesarios para que comprenda y utilice los elementos básicos de la geoestadística en el análisis de información geoespacial.

Durante el semestre 2013-2014-II, se realizó un proyecto en esta asignatura cuyos resultados se reportan aquí. El proyecto se llevó a cabo con datos demográficos de la ciudad de San Luis Potosí (SLP), capital del estado mexicano de SLP. El municipio de SLP está constituido por la ciudad capital y tres delegaciones: La Pila, Villa de Pozos y Bocas. La ciudad capital está ubicada a los  $22^{\circ} 09' 04''$  de latitud norte y a los  $100^{\circ} 58' 34''$  de longitud oeste, a 363 km al noroeste de la Ciudad de México (figura 1). Tiene una altitud promedio de 1860 m s.n.m., por lo que su clima es predominantemente seco-semiseco. El crecimiento demográfico ha unido a la mancha urbana de SLP con las poblaciones de Cerro de San Pedro, Zaragoza, Soledad de Graciano Sánchez, Mexquitic de Carmona y Villa de Arriaga. Por lo tanto, la zona metropolitana alcanza una población de aproximadamente 1 097 906 habitantes. De acuerdo con el censo oficial del Instituto Nacional de Información Estadística y Geográfica (INEGI) realizado en 2010, la población de la ciudad de SLP es de 772 604 habitantes.

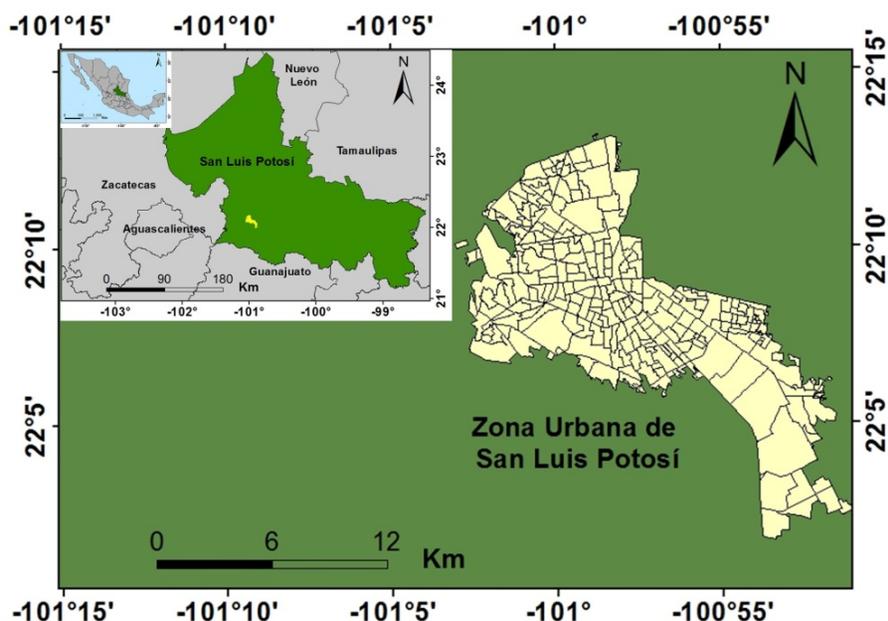


Figura 1. Ubicación de la zona de estudio. Las divisiones corresponden a Áreas Geoestadísticas Básicas (AGEBS).

El objetivo puntual de este trabajo fue que los estudiantes obtuvieran la variabilidad espacial de la demografía como fenómeno social. Para realizar este trabajo, los alumnos seleccionaron 16 variables del censo de población y vivienda realizado por el INEGI. Las variables analizadas fueron: población total, población de 0 a 2 años, población de 3 a 5 años, población de 8 a 14 años, población de 15 a 49 años, población de 60 años y más, población de 15 años y más con educación primaria completa, población de 15 años y más con educación secundaria completa, grado promedio de escolaridad de la población masculina, grado promedio de escolaridad de la población femenina, población sin derechohabiente a servicios de salud, población derechohabiente del IMSS, población derechohabiente del Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE), población con limitación en la actividad, población con limitación al escuchar, y población con limitación mental.

La información se organizó por Área Geoestadística Básica (AGEB). El AGEB, extensión territorial correspondiente a una subdivisión de las Áreas Geoestadísticas Municipales, constituye la unidad básica del Marco Geoestadístico Nacional. Dependiendo de sus características, el AGEB se clasifica en dos tipos: Área Geoestadística Básica Urbana y Área Geoestadística Básica Rural.

Para los fines perseguidos en este trabajo, la información utilizada es la correspondiente al Área Geoestadística Básica Urbana, que es definida por INEGI (2010) de la siguiente manera:

Extensión territorial ocupada por un conjunto de manzanas que generalmente son de 1 a 50, delimitadas por calles, avenidas, andadores o cualquier otro rasgo fácil de identificar en el terreno y cuyo uso del suelo es principalmente habitacional, industrial, de servicios y comercial. Esta subdivisión sólo se asigna al interior de las localidades urbanas.

La importancia de analizar la variabilidad espacial de datos demográficos radica en que constituye un apoyo valioso para la visualización del estado de la sociedad con la finalidad de planificar mejor el desarrollo de la región para

mejorar la calidad de vida de sus residentes. Los alumnos de la asignatura de Geoestadística, adscrita a la carrera de Ingeniería Geomática de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, son conscientes de esto y saben que sus aplicaciones deben generar información adecuada para la planificación de servicios y soluciones a problemas sociales y naturales. En ese contexto, la Geoestadística es una materia importante dado que permite no solo evaluar la información estadística básica de un censo, sino que, con base en ella, se puede conocer la tendencia de la población con respecto a una variable, como por ejemplo la distribución de la población en relación con la edad.

## 2. Técnicas geoestadísticas

Como hipótesis de partida se asumió que “las variables experimentales demográficas son variables regionalizadas, es decir, variables que tienen una distribución espacial y que presentan una estructura de variabilidad que puede ser caracterizada por una función de variograma” (Chica, 2005, p.48). La metodología tuvo varias etapas (figura 2). La primera consistió en recopilar datos de 250 AGEB (Área Geoestadística Básica), los cuales se obtuvieron de la página web del INEGI. Se estimó que 250 AGEB era una cantidad de datos adecuada para obtener buenos resultados y poder manipular estos datos en el programa ArcGIS 9.3 (ESRI, 1999), que fue el *software* utilizado en este trabajo. Con las variables seleccionadas (tabla 1), se generó una base de datos. Cada AGEB contó además con datos de coordenadas UTM – Zona 14N. Antes de manipular los datos en ArcGIS 9.3 se analizó la estadística por medio de Excel. Este paso previo se realizó con la finalidad de comprobar qué datos se obtendrían del análisis exploratorio con la herramienta de análisis geoestadístico de ArcGIS 9.3. Una vez que los datos fueron analizados en Excel, se procedió a convertirlos en un archivo de tipo *shapefile*. Para llevar a cabo este paso se utilizó la interfase de ArcCatalog del ArcGIS 9.3. Luego de generar el archivo *shapefile*, se trabajó con el módulo de ArcMap en donde se utilizó la herramienta de Geostatistical Analyst, la cual incluye las tres etapas del análisis geoestadístico (exploratoria, estructural y estimativa/predictiva) (figura 2).

Tabla 1. Variables demográficas utilizadas en el estudio.

Variables seleccionadas	
Población total	Población de 0 a 2 años
Población de 3 a 5 años	Población de 8 a 14 años
Población de 15 a 49 años	Población $\geq 60$ años
Población $\geq 15$ años con educación primaria completa	Población $\geq 15$ años con educación secundaria completa
Grado promedio de escolaridad de la población masculina	Grado promedio de escolaridad de la población femenina
Población sin derechohabiente a servicios de salud	Población derechohabiente del IMSS
Población derechohabiente del Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE)	Población con limitación en la actividad
Población con limitación al escuchar	Población con limitación mental

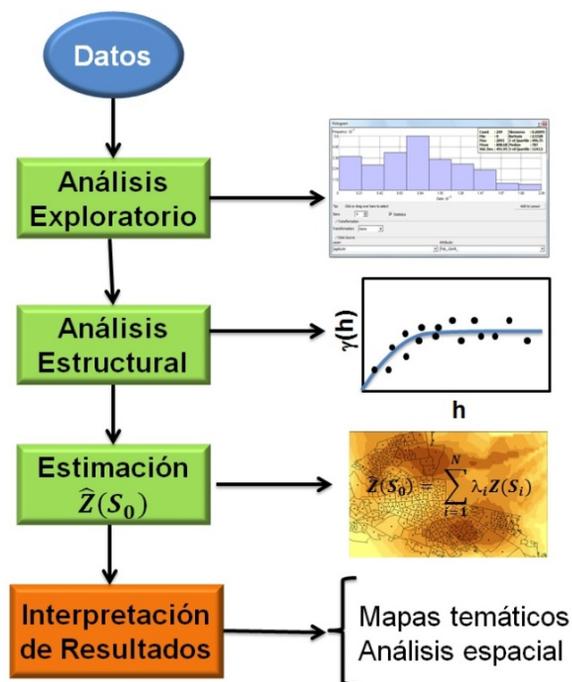


Figura 2. Esquema metodológico del análisis geoestadístico utilizado para la evaluación de variables demográficas de la zona urbana de San Luis Potosí.

La primera etapa del análisis, la exploratoria, se define de la siguiente manera (Tukey, 1981; Figueras & Gargallo, 2003, p.1):

La finalidad del Análisis Exploratorio es examinar los datos previamente a la aplicación de cualquier método predictivo. Este paso se lleva a cabo con la finalidad de conseguir un entendimiento básico de los datos y de las relaciones existentes entre las variables que se están analizando.

Este análisis se realizó con Excel y los resultados obtenidos sirvieron para corroborar los resultados arrojados

por la herramienta de análisis exploratorio del módulo Geostatistical Analyst de ArcGIS 9.3. Habiendo conseguido una primera visualización estadística de los datos y asegurado que existe una variabilidad espacial, se pasó a la segunda etapa de análisis: la estructural. Para ello se cuantificó y modeló la variabilidad espacial mediante una función estructural que es conocida como variograma, el cual describe cómo los valores estadísticos de dos puntos se hacen diferentes cuando la separación entre ambos puntos aumenta. Afirman Chilés & Delfiner (2012, p.3): “El variograma es la función estructural más simple que relaciona la incertidumbre con la distancia de observación”. Para el caso específico de las variables que se analizaron en este estudio, se utilizó un variograma teórico esférico dado que era el que se ajustaba mejor al semivariograma experimental. Para definir esta opción, se utilizó el criterio de información de Akaike (AIC), que es una medida de la calidad relativa del modelo de semivariograma para el conjunto de datos a examinar (Wagenmakers & Farrell, 2004, p.1). A partir de esta información, se pasó a la tercera etapa de análisis: la estimativa/predictiva. En ella se estableció como método predictivo una interpolación tipo Kriging Ordinario desde ArcGIS 9.3. El método kriging asume que la distancia o la dirección entre los puntos de muestra reflejan una correlación espacial que puede utilizarse para explicar la variación en la superficie. La expresión que representa la interpolación Kriging es:

$$\hat{Z}(S_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(S_i) \quad (1)$$

Donde:

- $Z(S_i)$  = Valor medio en la ubicación  $i$
- $\lambda_i$  = Ponderación desconocida para el valor medido en la ubicación  $i$
- $S_0$  = Ubicación de la predicción
- $N$  = Cantidad de observaciones o valores medidos

Para el proceso geoestadístico se utilizaron 250 observaciones correspondientes a 250 AGEBS, cada una de las cuales representa una observación puntual que engloba los valores totales de población que cumplen con alguna de las características que se evaluaron en este trabajo (tabla 1). Para cada característica se obtuvo un mapa de estimación que abarcó uno de los tres bloques temáticos siguientes: edad, educación y salud.

### 3. Dinámica demográfica por rangos de edad en la población de San Luis Potosí

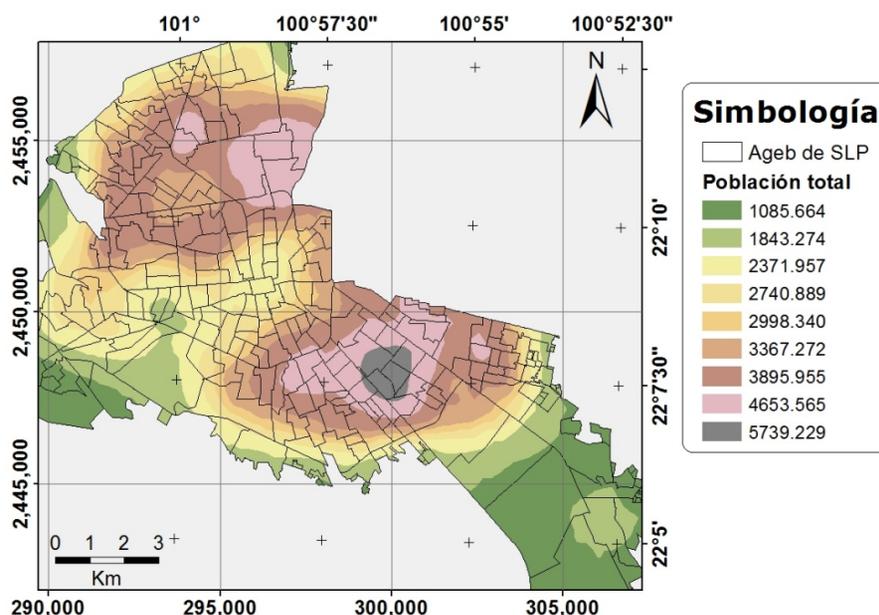
La tabla 2 sintetiza los valores estadísticos para las variables de población por rangos de edad. Los datos de esta tabla

sugieren que el grueso de la población por AGEB tiene un rango de edad de 15 a 49 años, seguida por la población de 8 a 14 años. La población de 0 a 2 años es la de menor densidad promedio. En cuanto a la distribución de cada rango de edad, en todos los rangos se presenta un sesgo positivo; esto se debe a que en una proporción baja de AGEBS se tienen las mayores concentraciones de población, sobre todo de 0 a 2 años y de 3 a 5 años. La curtosis indica que en general casi todos los AGEBS tienen concentraciones muy cercanas al valor promedio. Con el análisis del primer cuartil, nuevamente se observa que la mayor proporción de población está en el rango de edad de 15 a 49 años, pues el primer 25% de los AGEBS contiene al menos 496 personas que están en este rango de edad.

**Tabla 2.** Datos estadísticos de las variables asociadas con la dinámica demográfica por rangos de edad.

Población	Máx	M	D. E.	S	C	Q1
Total	7295	2825.4	1670.1	0.124	2.527	1814.8
0 a 2 años	497	132.53	97.069	0.842	3.678	55.75
3 a 5 años	471	145.85	103.42	0.697	3.201	67
8 a 14 años	1167	371.92	255.11	0.524	2.833	171.5
15 a 49 años	2093	808.68	491.95	0.200	2.532	496.75
≥ 60 años	856	247.31	194.75	0.581	2.517	82.75

Máx = valor máximo; M = media; D.E. = desviación estándar; S = sesgo; C = curtosis; y Q1 = primer cuartil.



**Figura 3.** Distribución de la población en la mancha urbana de San Luis Potosí, realizada a partir de los datos del censo nacional de población y vivienda del año 2010 (INEGI).

La figura 3 muestra la distribución que tenía la mancha urbana de San Luis Potosí para el año 2010. En ella se puede observar que la mayor concentración de la población se haya en la parte norte y sureste de la zona urbana. Estas zonas están constituidas por fraccionamientos habitacionales de alta densidad cuyos lotes tienen una dimensión entre  $90\text{ m}^2$  y  $120\text{ m}^2$ , los cuales pueden llegar a albergar a familias de entre 3 y 7 miembros por casa (H. Ayuntamiento de San Luis Potosí, 2004, p.22). En estas zonas, por lo general, los ingresos son inferiores a los 600 USD mensuales (INEGI, 2014).

En la figura 4 se presenta la dinámica de la población por rango de edades. La mayor cantidad de población (ubicada en el rango de 0 a 2 años) se concentra en las porciones norte y sureste de la zona urbana. La concentración de las poblaciones de 0 a 2 años y de 3 a 5 años corresponde a la mayor concentración de la población total (figuras 4a y 4b). Las poblaciones entre los 8 y los 14 años y entre los 15 y los 49 años tienen un comportamiento similar al de las dos

poblaciones anteriores: sus mayores concentraciones siguen estando en la parte norte y sureste de la zona urbana (figuras 4c y 4d). En cambio, la población cuyo rango de edad es mayor a los 60 años está concentrada en la parte central de la mancha urbana. Estos resultados indican que la mayor concentración de población ha tenido una migración del centro hacia la parte oriental de la zona urbana. En contraste, se puede observar que las menores concentraciones en todos los rangos de edad están en la parte occidental y en la parte sur de la zona urbana. La parte occidental corresponde a la población con mayores ingresos, mientras que la parte sur corresponde a la zona industrial. Los resultados mostrados por el Kriging están acordes con lo esperado, pues el error medio cuadrático (RMS) fue de 2.5, es decir, es un error aceptable. Además, los resultados mostrados en relación con la distribución de la población en la mancha urbana corresponden a los reportados por otras instituciones (INEGI, 2010; CONAPO, 2014).

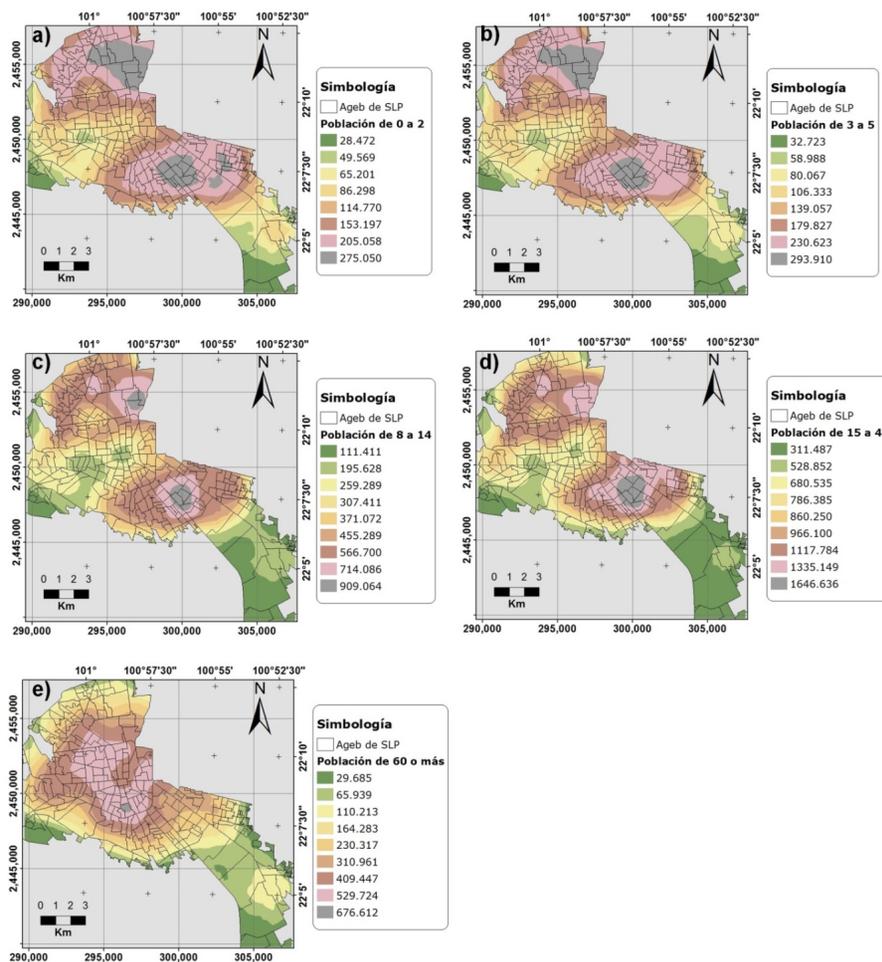


Figura 4. Dinámica poblacional por rangos de edad de la zona urbana de San Luis Potosí.

#### 4. Variabilidad espacial de la educación en la zona urbana de San Luis Potosí

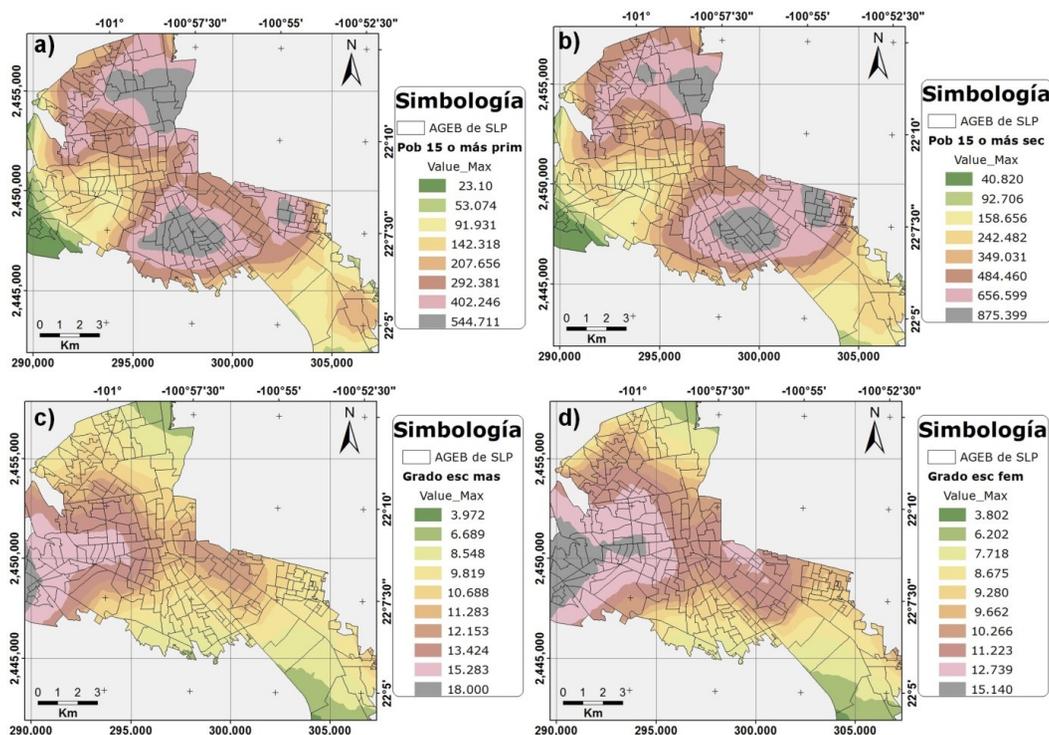
En la tabla 3 se resumen los parámetros estadísticos más relevantes de la población con respecto a algunas variables educativas. Si se observan los valores de sesgo y curtosis, se puede interpretar que los datos tienen una distribución normal leptocúrtica, es decir, la mayor parte de la población está centrada en el valor de la media. Sin embargo, el sesgo indica que en las poblaciones con educación primaria y secundaria existe un sesgo positivo, es decir, una porción pequeña de AGEB concentra a la mayor parte de la población con más de 15 años que tiene educación primaria y secundaria. En cuanto al análisis del grado de educación

en la población masculina y femenina, el valor promedio de años escolarizados en la zona urbana de San Luis Potosí es de 10 años, y es un poco mayor en la población masculina. El sesgo es negativo, lo que indica que pocos AGEB concentran a la población que tiene una educación de menos de 10 años, y la curtosis indica que la mayor parte de la población está concentrada en el valor promedio de 10 años escolarizados (equivalentes a educación básica y media). El primer cuartil indica que el primer rango del 25% de la población tiene al menos 8 años de estudios. Algo notorio es que la población masculina llega a alcanzar 18 años de estudios (hasta nivel superior), mientras que la población femenina presenta un grado menor de estudios, con una máxima de 15 años.

**Tabla 3.** Datos estadísticos de las variables asociadas con el grado de escolarización de la población de San Luis Potosí.

Población	Máx	M	D. E.	S	C	Q1
≥ 15 años con primaria	969	247.66	196.05	0.832	3.422	90.25
≥ 15 años con secundaria	1507	403.06	309.87	0.687	2.946	146
Grado promedio de la población masculina	18	10.49	3.103	-0.915	5.22	8.855
Grado promedio de la población femenina	15.14	10.00	2.781	-1.439	6.76	8.67

Máx = valor máximo; M = media; D.E. = desviación estándar; S = sesgo; C = curtosis; y Q1 = primer cuartil.



**Figura 5.** Variabilidad espacial en temática educativa para la zona urbana de San Luis Potosí: (a) población de 15 años o más, con primaria terminada como grado máximo de estudios; (b) población de 15 años o más con secundaria terminada como grado máximo de estudios; (c) grado escolar máximo (años de estudios) de la población masculina; y (d) grado escolar máximo de la población femenina.

La figura 5 muestra los resultados del Kriging ordinario obtenido a partir de los datos de variables en el tema de educación. Los resultados sugieren que la población de 15 años o más que únicamente tiene estudios de primaria se concentra en la parte oriental de la zona urbana; las mayores concentraciones se localizan en la zona norte y sur de San Luis Potosí (figura 5a). En el caso de la población de 15 años o más que tiene como grado máximo de estudios la secundaria, la concentración también se observa en la parte norte y sur de la zona urbana. Sin embargo, la cantidad de AGEBS que congregan a esta población disminuye con respecto a lo observado para primaria, lo cual indica que la población con más años de estudios disminuye para esta zona de la mancha urbana (figura 5b). Cabe aclarar que en la parte oriental de San Luis Potosí se concentran, en general, hogares con escasos ingresos, situación que conduce a las personas a trabajar a temprana edad. Esta situación, en parte, puede explicar el porqué de la disminución del grado de estudios para esta misma zona. En este mismo sentido, si se observan las figuras 5c y 5d, se puede apreciar que los AGEBS que contienen a la mayor cantidad de población con más de 15 años de educación escolar son los que se encuentran en la parte occidental de la zona urbana. Esta parte de la zona urbana concentra también a la población de mayores ingresos, además de contener una alta densidad de centros educativos desde nivel primaria hasta niveles de

posgrado. Los resultados están acordes a lo reportado por CONAPO (2014).

### 5. Variabilidad espacial de algunos aspectos en el tema de salud de la zona urbana de San Luis Potosí

En la tabla 4 se presenta el extracto de resultados estadísticos de la dinámica poblacional con respecto a los servicios de salud. Al comparar los valores máximos de población total por AGEBS (7295 habitantes) con respecto a la población que tiene derechohabencia al IMSS (Instituto Mexicano del Seguro Social) o al ISSSTE (Instituto de Seguridad y Servicios Sociales para los Trabajadores del Estado) (2272), se obtiene que sólo el 31% de la población tiene acceso a servicios sociales y de salud. De los dos servicios mencionados anteriormente, es el IMSS el que concentra mayor población. Los valores de sesgo indican que una pequeña proporción de AGEBS contiene a la mayor cantidad de población derechohabiente al IMSS o al ISSSTE. Para el caso del IMSS, la población tiene una distribución mesocúrtica, es decir, tiene mayor dispersión en cuanto a la repartición de la población en la mancha urbana, mientras que la población derechohabiente al ISSSTE tiene una distribución leptocúrtica, esto es, la población está más concentrada en ciertos AGEBS.

**Tabla 4.** Datos estadísticos de las variables asociadas con los servicios de salud de la población de San Luis Potosí.

Población	Máx	M	D. E.	S	C	Q1
Sin derechohabencia	2272	692.97	432.36	0.380	3.090	413.5
Derechohabencia IMSS	4628	1432.3	947.36	0.528	3.164	786.5
Derechohabencia ISSSTE	1529	225.89	203.7	1.689	9.247	62
Limitación de movimiento	415	100.32	77.16	0.974	4.071	42
Limitación auditiva	63	10.75	11.67	1.873	7.076	3
Limitación mental	66	12.71	10.07	1.263	6.416	5.75

Máx = valor máximo; M = media; D.E. = desviación estándar; S = sesgo; C = curtosis; Q1 = primer cuartil; IMSS = Instituto Mexicano del Seguro Social; ISSSTE = Instituto de Seguridad y Servicios Sociales para los Trabajadores del Estado.

En la figura 6 se analiza la variabilidad espacial para aspectos relacionados con la salud. La figura 6a muestra que la concentración de población que tiene derechohabencia está en la parte norte y centro de la zona urbana. De esta población con derechohabencia, se observa que la mayoría de los que pertenecen al IMSS se concentran en la parte sureste de la zona urbana, que corresponde a la zona industrial de la región (figura 6b). Esta distribución parece coherente debido a que el sector industrial generalmente afilia a sus trabajadores al IMSS.

En la figura 6c se observa que los afiliados al ISSSTE se concentran más hacia la parte centro y poniente de la zona urbana, es decir, que la mayoría de la población que trabaja para el estado (burócratas, trabajadores del sistema estatal

de educación y trabajadores del sistema estatal de salud) reside en estas zonas, pues se trata de los trabajadores que pueden afiliarse al ISSSTE (CONAPO, 2014).

En cuanto a los datos de los tres tipos de limitaciones físicas que se analizaron en este trabajo, se observa que la mayor discapacidad que se presenta es la relacionada con la movilidad, es decir, en general, en los AGEBS se presentan más personas con limitaciones de movimiento que las que se presentan con limitaciones auditivas o mentales. Esta condición ha permanecido con la misma tendencia desde inicios de este siglo (Cantón, 2004). La figura 6 presenta una mayor concentración de población con limitaciones de movimiento en la parte oriental y centro de la zona urbana. Para el caso de la población con limitaciones auditivas, esta

se concentra en la parte centro oriental, mientras que la población con limitaciones mentales está repartida en cuatro sectores: centro, oriente, occidente y sur de la zona urbana. La mayor concentración de personas con limitaciones auditivas en la parte centro oriental se debe a que en esta parte de la zona urbana hay una alta concentración de comercio y de pequeñas fábricas, lo cual suele generar niveles de ruido superiores a lo tolerable por el sistema auditivo (65 decibelios), según la Organización Mundial de la Salud (OMS) (Bajo, 2006). Por otra parte, para explicar la distribución de las mayores agrupaciones de población limi-

tada mentalmente en los cuatro sectores (centro, oriente, occidente y sur de la zona urbana) es necesario explicar que en estas zonas se concentra la mayor parte de la población de mayor edad o bien la población de clase media a alta. En ambos casos, la limitación mental se genera por deterioro cognitivo debido al envejecimiento o por depresión y otros trastornos psicológicos que afectan principalmente a la población joven, según lo manifiestan diferentes organismos de salud estatales (Osnaya, Pérez, Luna & Villanueva, 2013; Robledo, Fernández, Lopera, Pérez & Dávila, 2014).

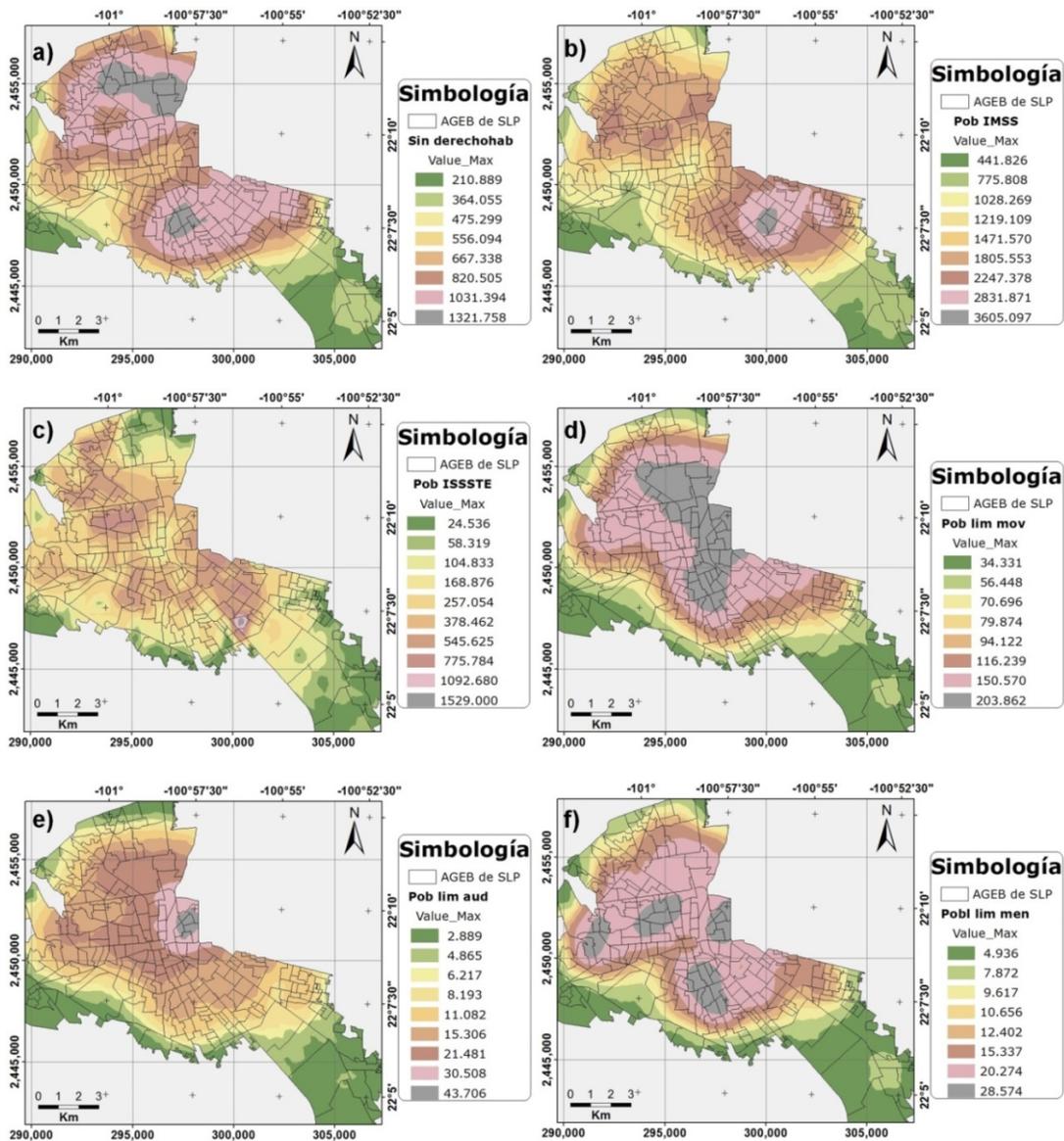


Figura 6. Dinámica de la población de San Luis Potosí en cuanto a servicios de salud.

Finalmente, la mayor concentración de población con limitaciones de movimiento en la parte oriental y centro de la zona urbana se explica principalmente por accidentes laborales ocasionados por el trabajo. Otra explicación son las malformaciones, producto de las características del entorno y de las prácticas culturales propias de la población (Cantón, 2004; Abellán, Esparza & Pérez, 2011).

## 6. Conclusiones

Este trabajo presenta los resultados obtenidos en el proyecto final de la materia de Geoestadística que se imparte como asignatura optativa en el programa de Ingeniería Geomática que ofrece la UASLP. La temática trabajada fue la dinámica demográfica de la zona urbana de San Luis Potosí, mediante técnicas geoestadísticas que incluyen el análisis de un semivariograma esférico y la aplicación del Kriging ordinario como método de estimación. Los resultados mostraron que la mayor parte de la población está concentrada en el norte, sur y oriente de la zona urbana, que corresponden a la zona industrial y áreas de habitación tipo popular. También fue posible establecer que la población tenía una dinámica de migración de la zona centro hacia la parte oriental. La población menos numerosa se ubica en la parte poniente de la región, relacionada principalmente con fraccionamientos residenciales. En cuanto a la educación, se observa que las mayores concentraciones de población cuya educación máxima es primaria o secundaria están en la parte norte, sur y oriente de la zona urbana, relacionadas principalmente con zonas de escasos recursos en donde los jóvenes se ven obligados a abandonar sus estudios para realizar alguna actividad económica. Los sectores en donde la población tiene más de 15 años de estudios están concentrados al poniente de la zona urbana. Es notable que la población masculina presenta un mayor grado de estudio (18 años) con respecto a la población femenina (15 años), lo cual puede deberse, en parte, al papel que sigue desempeñando la mujer (madre y ama de casa) dentro de la sociedad potosina y/o a la escasez de recursos para continuar sus estudios. El análisis del comportamiento de la población con respecto a los servicios de salud mostró que solo el 31% de la población total de la zona urbana de San Luis Potosí está afiliada a algún organismo de salud y seguridad social. Entre los principales organismos, el IMSS concentra a la mayor parte de esta población, seguido por el ISSSTE. La distribución de los afiliados a alguno de estos dos organismos muestra que la mayoría de los afiliados al IMSS se concentran en la parte suroriental que corresponde a la zona industrial, mientras que los afiliados al ISSSTE se concentran en la parte centro y poniente de la zona urbana, que corresponden a las áreas con mayores establecimientos de organismos gubernamentales y de educación estatal.

En cuanto a la población con limitaciones de movimiento, esta se concentra en la parte oriental. En gene-

ral se trata de personas de escasos recursos, cuya discapacidad se debe principalmente a accidentes de trabajo o algún problema congénito. Por otra parte, las personas con limitaciones auditivas se concentran principalmente en la parte oriental debido a que existe una mayor concentración de comercios y fábricas ruidosas. Finalmente, la población con limitaciones mentales está concentrada en cuatro sectores de las porciones centro, poniente y oriente de la zona urbana debido a que en ellos hay un mayor número de personas propensas a la depresión y otros trastornos psicológicos que afectan principalmente a los jóvenes, así como a personas de edad avanzada. Ambos grupos sufren principalmente deterioro cognitivo congénito o por envejecimiento, depresión y otros trastornos psicológicos.

Los resultados y el análisis realizado en este trabajo permitieron comprobar la utilidad de la geoestadística en los estudios demográficos, al igual que su importancia dentro del currículum de las carreras de Ingeniería Geomática, pues aporta herramientas adicionales que les permiten a los estudiantes desempeñarse mejor en los diversos campos de trabajo que requieran una base de análisis espacial.

## Agradecimientos

Los autores agradecen al Programa para el Desarrollo Profesional Docente (PRODEP) por el financiamiento otorgado mediante el convenio PROMEP/103.5/13/6575. Así mismo, agradecen a los estudiantes de la materia de Geoestadística del semestre 2013-2014-II de la UASLP por los aportes realizados en sus proyectos del curso.

## Referencias

- Abellán, G., Esparza, C. & Pérez, J. (2011). Evolución y estructura de la población en situación de dependencia. *Cuadernos de Relaciones Laborales*, 29(1), 43-67.
- Aguiar, J., de Lacerda, L., Miguens, F. & Marins, R. (2014). The Geostatistics of the Metal Concentrations in Sediments from the Eastern Brazilian Continental Shelf in Areas of gas and Oil Production. *Journal of South American Earth Sciences*, 51, 91-104. doi 10.1016/j.jsames.2013.12.0051.
- Bajo, J. (2006). Ruido: El enemigo invisible. *Lex Nova: la revista*, (43), 32-35.
- Cantón, F. (2004). El IMSS en cifras: discapacidad en derechohabientes del IMSS. Encuesta Nacional de Salud 2000. *Rev Med IMSS*, 42(5), 449-456.
- Chica, M. (2005). La geoestadística como herramienta de análisis espacial de datos de inventario forestal. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, 19, 47-75.

- Chilés, J. & Delfiner, P. (2012). *Geostatistics: Modeling Spatial Uncertainty*. Second Edition. New Jersey: Wiley & Sons. doi: 10.1002/9781118136188.
- Consejo Nacional de Población (CONAPO). (2014). *Dinámica demográfica 1990-2010 y proyecciones de población 2010-2030. San Luis Potosí*. Primera Edición. México D.F. Recuperado de: [http://www.conapo.gob.mx/work/models/CONAPO/Proyecciones/Cuadernos/24\\_Cuadernillo\\_SanLuisPotosi.pdf](http://www.conapo.gob.mx/work/models/CONAPO/Proyecciones/Cuadernos/24_Cuadernillo_SanLuisPotosi.pdf)
- ESRI. (1999). ArcGIS [Software de información geográfica]. Redlands: Environmental Systems Research Institute.
- Figueras, S. & Gargallo, P. (2003). *Análisis exploratorio de datos*. Recuperado de: <http://www.5campus.com/leccion/aed>
- Gething, P., Atkinson, P., Noor, A., Gikandi, P., Hay, S. & Nixon, M. (2007). A Local Space-Time Kriging Approach Applied to a National Outpatient Malaria Data Set. *Computers & Geosciences*, 33(10), 1337-1350. doi: 10.1016/j.cageo.2007.05.006.
- H. Ayuntamiento de San Luis Potosí. (2004). Reglamento de construcciones del Municipio de San Luis Potosí. Última reforma: 17 de diciembre de 2004. Recuperado de: [http://www.implansanluis.gob.mx/descargas/reglamento\\_construcciones.pdf](http://www.implansanluis.gob.mx/descargas/reglamento_construcciones.pdf)
- Hernández, Q., Saldaña, R., Rodríguez, E. & Manzano, F. (2014). Wind Energy Resource in Northern Mexico. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 32, 890-914. doi: 10.1016/j.rser.2014.01.043.
- Hu, S., Cheng, Q., Wang, L. & Xu, D. (2013). Modeling land Price Distribution Using Multifractal IDW Interpolation and fractal filtering Method. *Landscape and Urban Planning*, 110, 25-35. doi: 10.1016/j.landurbplan.2012.09.008.
- INEGI. (2010). Compendio de criterios y especificaciones técnicas para la generación de datos e información de carácter fundamental: Marco Geoestadístico y Marco Geoestadístico Nacional. Recuperado de: [http://www.inegi.org.mx/inegi/SPC/doc/INTERNET/17%20criterios\\_para\\_la\\_homologacion\\_de\\_claves.pdf](http://www.inegi.org.mx/inegi/SPC/doc/INTERNET/17%20criterios_para_la_homologacion_de_claves.pdf)
- Khalil, A., Hanich, L., Bannari, A., Zuhri, L., Pourret, O. & Hakkou, R. (2013). Assessment of Soil Contamination Around and Abandoned Mine in a Semi-Arid Environment Using Geochemistry and Geostatistics: Pre-work of Geochemical Process Modeling with Numerical Models. *Journal of Geochemical Exploration*, 125, 117-129. doi:10.1016/j.gexplo.2012.11.018.
- Mouhri, A., Flipo, N., Rejiba, F., Fouquet, Ch., Bodet, L., Kurtulus, ... Goblet, P. (2013). Designing a Multi-scale Sampling System of Stream-aquifer Interfaces in a Sedimentary Basin. *Journal of Hydrology*, 504, 194-206. doi: 10.1016/j.jhydrol.2013.09.036.
- Osnaya, M., Pérez, J., Luna, B. & Villanueva, G. (2013). Características del estudiante con y sin ideación suicida del colegio de bachilleres de San Luis Potosí (México). *Salud & Sociedad: Investigaciones en Psicología de la Salud y Psicología Social*, 4(2), 120-134.
- Robledo, L., Fernández, M., Lopera, V., Pérez, S. & Dávila, H. (2013). *Serie cuadernillos de salud pública propuesta para un plan de acción en envejecimiento y salud*. México: Instituto Nacional de Geriatria.
- Solana, J. & Merino, S. (2011). A Varigoram Model Comparison for Predicting Forest Changes. *Procedia Environmental Sciences*, 7, 383-388. doi: 10.1016/j.proenv.2011.07.066.
- Sun, W., Shao, Q., Liu, J. & Zhai, J. (2014). Assessing the effects of Land use and Topography on Soil Erosion the Loess Plateau in China. *Ecological Complexity*, 8(4), 151-163. doi: 10.1016/j.ecocom.2011.07.003.
- Tukey, J. (1981). *Exploratory Data Analysis*. Addison-Wesley Publishing Company Reading, Mass. Menlo Park, Cal., London, Amsterdam, Don Mills, Ontario, Sydney, XVI, 688 S. *Biometrical Journal*, 23(4), 413-414. doi: 10.1002/bimj.4710230408.
- Wagenmakers, E. & Farrel, S. (2004). AIC model Selection Using Akaike Weights. *Psychonomic Bulletin & Reviews*, 11(1), 192-196. doi: 10.3758/BF03206482.
- Wang, Y., Zhuang, D. & Liu, H. (2012). Spatial Distribution of Floating Car Speed. *Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology*, 12(1), 36-41. doi: 10.1016/S1570-6672(11)60182-7.
- Webster, R. & Oliver, M., (2001). *Geostatistics for Environmental Scientists*. Hoboken: John Wiley & Sons.

