

Memorias



Sociedad Latinoamericana en
Percepción Remota y Sistemas
de Información Espacial
Capítulo Colombia

30
AÑOS

Medellín, Colombia
29 de Septiembre al 3 de Octubre de 2014



Análisis Demográfico de la Zona Urbana de San Luis Potosí. Un estudio realizado en la materia de Geostatística del programa de Ingeniería Geomática de la UASLP

Demographic Analysis from Urban Area of San Luis Potosi. A study in the field of Geostatistics of the Geomatics Engineering program from the UASLP

Cristina Noyola-Medrano¹, Adriana .R Martínez-Bravo² y Marco A. Rojas-Beltrán³

^{1 2 3}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, adros.mabra@gmail.com, marco.beltran@uaslp.mx

RESUMEN

Este trabajo presenta una aplicación realizada en la materia de Geoestadística que es parte de la currícula de Ingeniería Geomática de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP). Los alumnos analizaron 16 variables demográficas extraídas del censo de población y vivienda 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 y/o secundaria. No obstante, en la parte Occidental está la población que tiene mayor grado académico (población que estudió 15 años o más). La variabilidad de la población con respecto a salud, muestran que la población sin derechohabencia se concentra al Norte. Así mismo, son notables 4 zonas que concentran a la población con limitación mental. El trabajo permite concluir que la Geoestadística es útil para estudiar diversas temáticas englobadas en un espacio geográfico. Por lo que el conocimiento de la Geoestadística es importante para el desarrollo profesional del Geomático.

Palabras claves: Geoestadística, variable demográfica, análisis espacial, Ingeniería Geomática, Educación

ABSTRACT

This paper presents an application in the field of Geostatistics which is part of the curriculum of Engineering in Geomatics from the Autonomous University of San Luis Potosi (UASLP). The students analyzed 16 demographic variables from the 2010 Census of population and housing for the urban area of San Luis Potosi (SLP). The results show that most of the population is concentrated in the Northwest and Southwest of SLP. Nevertheless, the population over 60 years is concentrated in the central part. As regards the level of education, the 15-year-old population which studied only elementary and/or middle school, is concentrated in the Northern and Southern sectors. However, the population with a higher academic degree (people who study 15 years or more) is located in the western area. The variability of the population regarding health, show that the population without medical services is concentrated in the North. They are also notable 4

zones that concentrated the population with mental illness. The work supports the conclusion that Geostatistics is useful for studying various topics included in a geographical space. Therefore the knowledge of the Geostatistics is important for the professional development of the Geomatics Engineer.

Keywords: Geostatistics, demographic variable, spatial analysis, Geomatics Engineering, Education.

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 el prefijo geo es usualmente asociado con geología, los orígenes de la Geoestadística estuvieron en la minería (Díaz-Viera, 2002). Actualmente, la Geoestadística es aplicada en diversas ramas de las ciencias como: petróleo, minería (Edvar-Aguiar et al., 2014), pesca, geofísica marina, hidrogeología (Mouhri et al., 2013), medio ambiente (Khalil, et al., 2013), estudios forestales (Solana-Gutiérrez y Merino-de Miguel, 2011), salud pública (Gething, P.W. et al., 2007), transporte (Wang et al., 2012), procesamiento de imágenes, cartografía (Sun, et al., 2014), finanzas (Hu, et al., 2013), ciencias de materiales, meteorología (Hernández-Escobedo et al., 2014), edafología, etc. En la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, se imparte la materia de Geoestadística como materia optativa del plan de estudios de la carrera de Ingeniero Geomático. El propósito de esta materia es proporcionar al alumno los conocimientos necesarios para que comprenda y utilice los elementos básicos de la Geoestadística para el análisis de información geoespacial. Una de las metas que se persigue con esta temática es que el alumno resuelva problemas que sean de su interés aplicando métodos geoestadísticos. Por tal motivo, el objetivo de este trabajo es mostrar los resultados del proyecto realizado en el curso de Geoestadística que se desarrolló durante el semestre 2013-2014-II. El proyecto fue realizado con datos demográficos de la ciudad de San Luis Potosí (SLP), la cual es la 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 está ubicada a los 22° 09' 04" de latitud Norte y 100° 58' 34" de longitud oeste, a 363 km al norte-noroeste de la Ciudad de México (Figura 1). Tiene una altitud promedio de 1860 msnm, por lo que su clima es predominantemente seco - semiseco. El crecimiento demográfico a 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 al censo oficial del INEGI realizado en 2010 la población de la ciudad de SLP es de 772,604 habitantes.

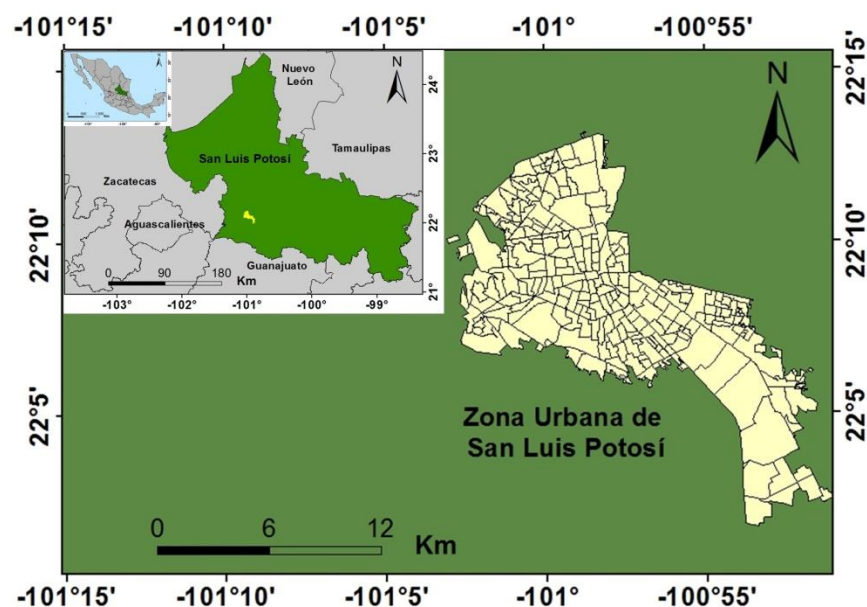


Figura 1. Ubicación de la zona de estudio. Las divisiones corresponden a Áreas Geoestadísticas Básicas (AGEBS)

El objetivo particular de este trabajo fue que los estudiantes obtuvieran la variabilidad espacial de un fenómeno social como lo es la demografía. Para cubrir este análisis se solicitó a los estudiantes que trabajaran 16 diferentes variables para caracterizar el comportamiento demográfico de la población de SLP. Para realizar este trabajo, los alumnos seleccionaron 16 variables del censo de población y vivienda realizado por el Instituto Nacional de Información Estadística y Geográfica (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 ISSSTE, Población con limitación en la actividad, Población con limitación al escuchar, Población con limitación mental. El estudio de dichas variables se llevará a cabo con base a la información obtenida del Instituto Nacional de Información Estadística y Geográfica (INEGI), la cual está organizada por Área Geoestadística Básica (AGEB). El AGEB, por tanto, es la extensión territorial, que corresponde a una subdivisión de las Áreas Geoestadísticas Municipales. Constituye la unidad básica del Marco Geoestadístico Nacional y, dependiendo de sus características, se clasifican en dos tipos: Áreas Geoestadísticas Básicas Urbanas y Áreas Geoestadísticas Básicas Rurales. El Área Geoestadística Básica Urbana es la 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 sea

principalmente habitacional, industrial, de servicios y comercial. Esta subdivisión sólo se asignan al interior de las localidades urbanas (INEGI, 2014).

La importancia de analizar la variabilidad espacial de datos demográficos es porque constituye un apoyo valioso para la visualización del estado de la sociedad con la finalidad de poder planificar mejor el desarrollo de la región para mejorar la calidad de vida de los residentes de esa región. Los alumnos de Ingeniería Geomática están conscientes del hecho de que sus aplicaciones deben generar información adecuada para la planificación de servicios y de soluciones a problemas sociales y naturales. En ese contexto la Geoestadística es una materia importante porque permite no sólo evaluar la información estadística básica de un censo, sino que con base a ella se presenta la tendencia de la población con respecto a una característica, como por ejemplo, la distribución de la población con respecto a su edad.

TECNICAS 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.

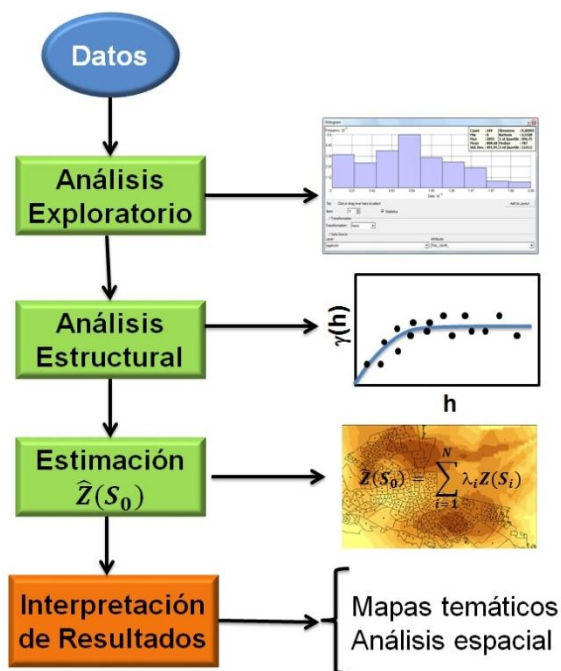


Figura 2. Esquema metodológico del análisis geoestadístico utilizado para el análisis de variables demográficas de la zona urbana de San Luis Potosí

Con base a esto, la metodología consistió de varias etapas (Figura 2), comenzando con la recopilación de datos de 250 AGEBS, los cuales fueron recopilados de la página web del

INEGI. La cantidad de 250 AGEBS fue establecida con base a la cantidad mínima necesaria para obtener buenos resultados y poder manipular estos datos en el ArcGIS 9.3 que fue el programa que se utilizó para realizar este trabajo. Con las variables seleccionadas y que ya fueron mencionadas anteriormente, se generó una base de datos. Cada AGEB contó además con datos de coordenadas UTM – Zona 14N. Antes de manipular los datos en ArcGIS se analizó la estadística por medio de Excel. Este paso previo fue realizado con la finalidad de comprobar los datos que se obtendrían del análisis exploratorio de la herramienta de Análisis Geoestadístico de ArcGIS. Una vez que los datos fueron analizados en Excel, se procedió a convertir estos datos a un archivo de datos puntuales tipo shapefile. Para llevar a cabo este paso se utilizó la interfase de ArcCatalog del ArcGIS. Una vez que se generó el archivo de puntos, entonces se procedió a trabajar con el módulo de ArcMap en donde se utilizó la herramienta de *Geostatistical Analyst*, la cual incluye las tres etapas del análisis geoestadístico (exploratorio, estructural y estimativo/predictivo) (Figura 2). El análisis exploratorio en Geoestadística consiste en 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 (Tukey, 1977; Figueras y Gargallo, 2003). Para realizar este análisis se utilizó Excel y los resultados obtenidos sirvieron para corroborar los resultados arrojados por la herramienta de análisis exploratorio del módulo Geostatistical Analyst de ArcGIS. Habiendo conseguido una primera visualización estadística de los datos y asegurando que existe una variabilidad espacial, entonces, el siguiente paso es tratar de cuantificar y modelar esa variabilidad espacial mediante una función estructural que es conocida como variograma, el cual describe cómo es que los valores estadísticos de dos puntos se hacen diferentes cuando la separación entre estos puntos aumenta. El variograma es la función estructural más simple que relaciona esta incertidumbre con respecto a la distancia de observación (Chilés y Delfiner, 2012). Para el caso específico de las variables que se analizaron en este estudio, se utilizó un variograma teórico esférico porque es el que se ajustaba mejor al semivariograma experimental. Para definir esta opción se utilizó el criterio de información de Akaike (AIC), el cual es una medida de la calidad relativa del modelo de semivariograma para el conjunto de datos a examinar (Wagenmakers y Farrell, 2004). Como paso final del análisis geoestadístico, 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:

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

Donde:

$Z(S_i)$ = Valor medio en la ubicación i

λ_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 estas observaciones representan una observación puntual que engloba los valores totales de población que cumplen con alguna de las características que se evaluaron en este trabajo, como: 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 ISSSTE, Población con limitación en la actividad, Población con limitación al escuchar, Población con limitación mental. Para cada característica se obtuvo un mapa de estimación que son presentados por bloques temáticos en Edad, Educación y Salud.

DINÁMICA DEMOGRÁFICA POR RANGOS DE EDAD EN LA POBLACIÓN DE SAN LUIS POTOSÍ

La tabla 1 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 es debido 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 está indicando 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 1. Datos estadísticos de las variables asociadas a la dinámica demográfica por rangos de edad. La nomenclatura utilizada es: Max = valor máximo; M = media; D.E. = desviación estándar; S = sesgo, C = Curtosis y Q1 = Primer cuartil.

Población	Max	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 a14 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 y más	856	247.31	194.75	0.581	2.517	82.75

La gráfica 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 m² y 120 m², pudiendo llegar a albergar a familias de entre 3 y 7 miembros por casa habitación (H. Ayuntamiento de San Luis Potosí, 2004). En estas zonas, en general, los ingresos son inferiores a los 600 dls mensuales (INEGI, 2014).

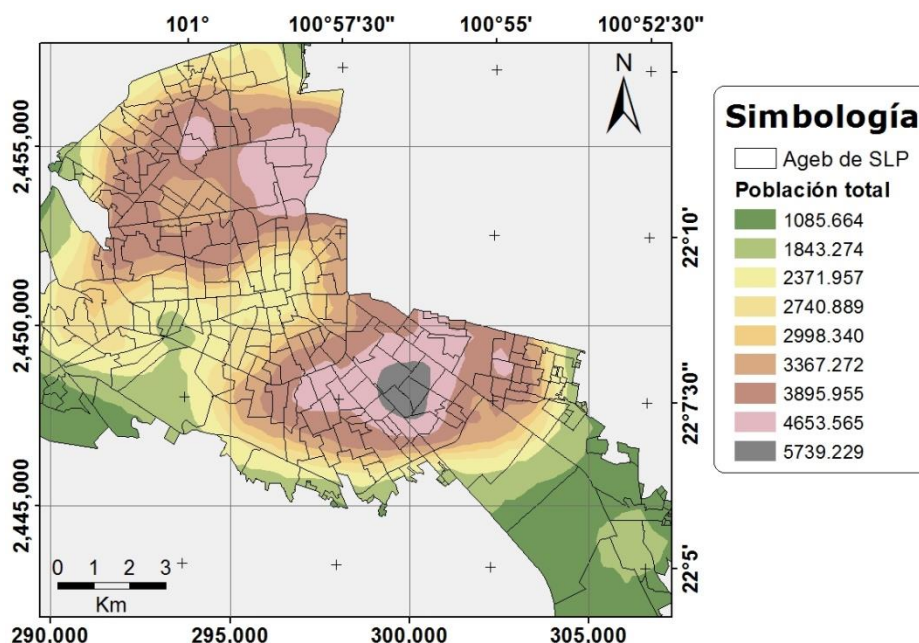


Figura 3. Distribución de la población en la mancha urbana de San Luis Potosí. Realizada a partir de los datos del censo nacional de población y vivienda 2010 (INEGI).

En la figura 5 se presenta la dinámica de la población por rango de edades. La mayor cantidad de población 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 con la mayor concentración de la población total (Figuras 5a y 5b). La población de edad ubicada entre los rangos de 8 a 14 y de 15 a 49 años también tienen un comportamiento similar y las mayores concentraciones siguen estando en la parte norte y sureste (Figura 5c y 5d). 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. De la misma manera, 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. Estas dos zonas corresponden a la zona de población con mayores ingresos (occidental) y la zona industria de la región (sur). 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 pequeño).

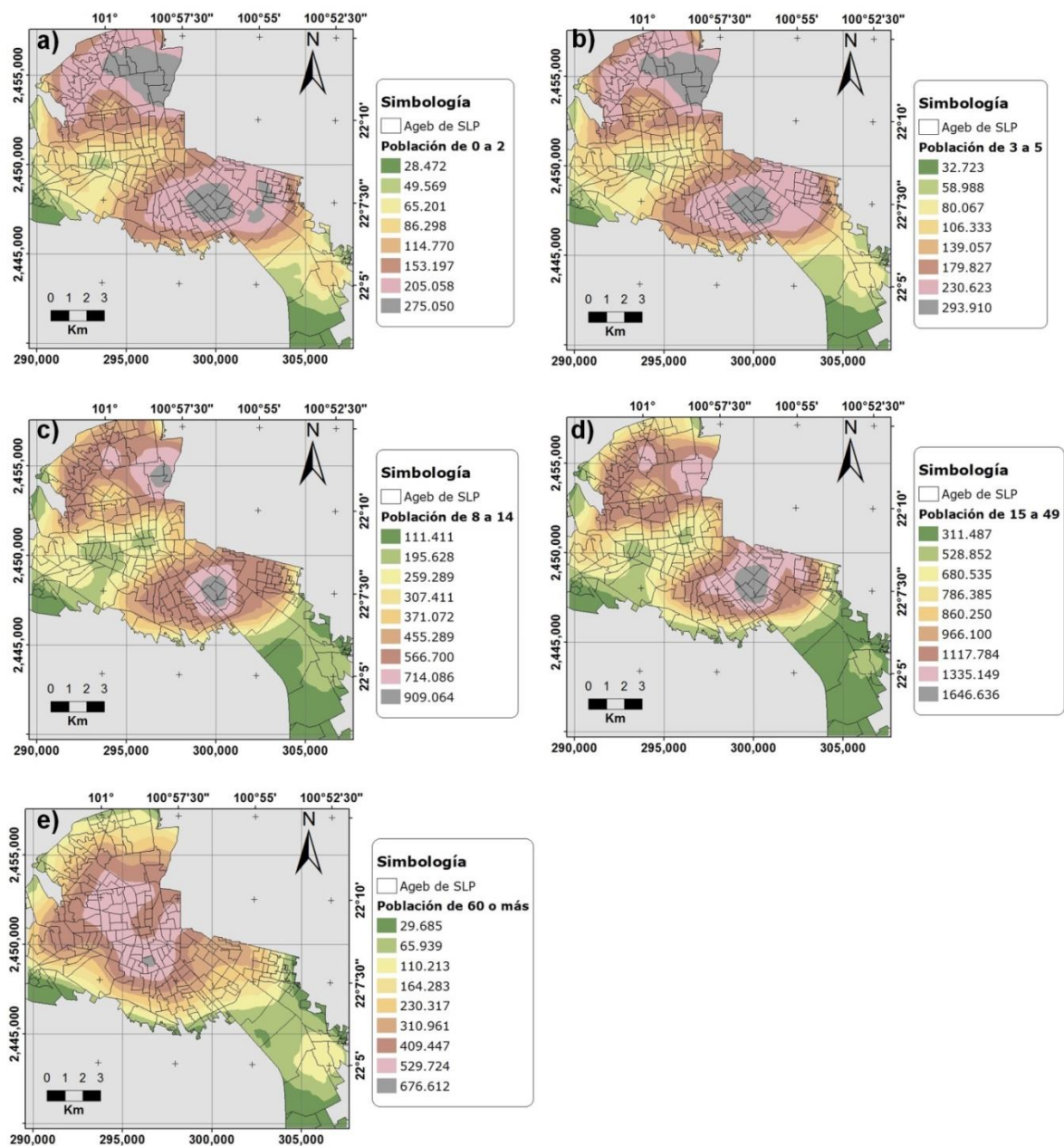


Figura 5. Dinámica poblacional por rangos de edad de la zona urbana de San Luis Potosí.

VARIABILIDAD ESPACIAL DE LA EDUCACIÓN EN LA ZONA URBANA DE SAN LUIS POTOSÍ

En la Tabla 2 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 AGEBS concentran a la mayor parte de la población mayor a 15 años que tienen 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, es un poco mayor en la población masculina. El sesgo es negativo, lo que indica que pocos AGEBS concentran a la población que tiene una educación menor a 10 años y, la curtosis indica que la mayor parte de la población está concentrada en el valor promedio de 10 años (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 2. Datos estadísticos de las variables asociadas al grado de escolarización de la población de San Luis Potosí. La nomenclatura utilizada es: Max = valor máximo; M = media; D.E. = desviación estándar; S = sesgo, C = Curtosis y Q1 = Primer cuartil.

Población	Max	M	D. E.	S	C	Q1
15 año o más con primaria	969	247.66	196.05	0.832	3.422	90.25
15 años o más 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

La figura 6 muestra los resultados del Kriging Ordinario obtenido a partir de los datos de variables en temática 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 y las mayores concentraciones se encuentran en la zona norte y sur de San Luis Potosí (Figura 6a). 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 disminuyen 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 6b). Cabe aclarar, que en la parte oriental de San Luis Potosí se concentran, en general, hogares con escasos ingresos, lo cual conlleva a que las personas se vean obligadas 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

6c y 6d, 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.

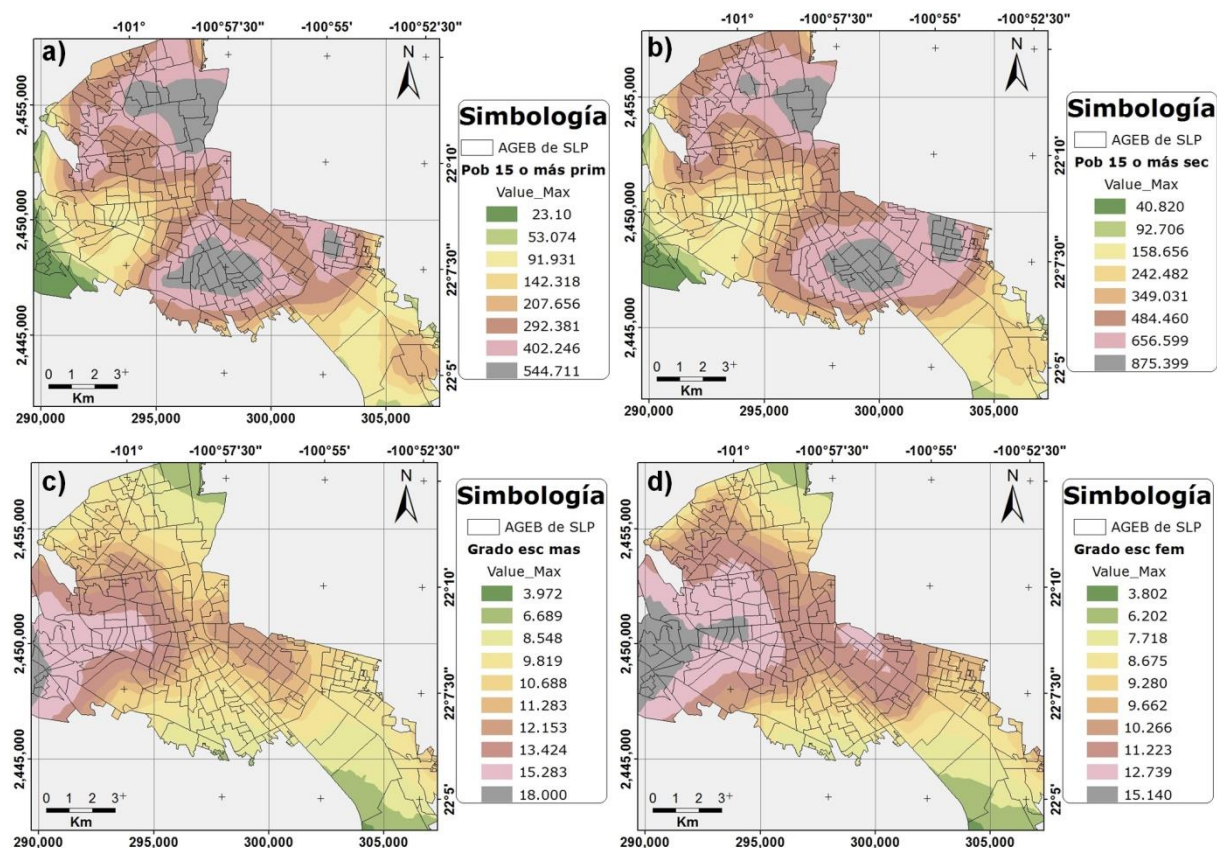


Figura 6. Variabilidad espacial en temática educativa para la zona urbana de San Luis Potosí: a) Población de 15 años o más, con primaria terminada como grado máximo de estudios; b) Población de 15 años o más con secundaria terminada como grado máximo de estudios; c) Grado escolar máximo (años de estudios) de la población masculina y d) Grado escolar máximo de la población femenina.

En la tabla 3 se presenta el extracto de resultados estadísticos de la dinámica poblacional con respecto a servicios de salud. Al comparar los valores máximos de población total por AGEB (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 3. Datos estadísticos de las variables asociadas al grado de escolarización de la población de San Luis Potosí. La nomenclatura utilizada es: Max = valor máximo; M = media; D.E. = desviación estándar; S = sesgo, C = Curtosis y Q1 = Primer cuartil. IMSS (Instituto Mexicano del Seguro Social), ISSSTE (Instituto de Seguridad y Servicios Sociales para los Trabajadores del Estado).

Población	Max	M	D. E.	S	C	Q1
Sin derechohabiencia	2272	692.97	432.36	0.380	3.090	413.5
Derechohabiencia IMSS	4628	1432.3	947.36	0.528	3.164	786.5
Derechohabiencia 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

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 a la motilidad, es decir, en general, en los AGEBS se presentan más personas con limitaciones en movimiento que las que se presentan con limitaciones auditivas o mentales.

En la figura 7, se analiza la variabilidad espacial para aspectos de salud. En la figura 7a se observa que la concentración de población que tiene derechohabiencia está en la parte norte y centro de la zona urbana. De esta población con derechohabiencia, 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 7b). Esta distribución parecería coherente, en cuanto a que el sector industrial, generalmente afilia a sus trabajadores al IMSS.

En la figura 7c, 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 son los trabajadores que pueden afiliarse al ISSSTE.

El análisis de los tres tipos de limitaciones analizadas: movimiento, auditivo y mental, la figura 7 presenta una mayor concentración de población con limitaciones en movimiento en la parte oriental y centro de la zona urbana. Para el caso de la población con limitaciones auditivas, ésta se concentra en la parte centro oriental y la población con limitaciones mentales está repartida en cuatro sectores, centro, oriente, occidente y sur de la zona urbana. congénitas. Para el caso de limitaciones auditivas, la principal concentración se puede deber a que en esta parte de la zona urbana se tiene una concentración alta de comercio y de pequeñas fábricas, lo cual, en general, genera ruido mayor a lo tolerable por el sistema auditivo (65 decibelios), esta cifra según la Organización Mundial de la Salud.

Para explicar la distribución de las mayores agrupaciones de población limitada mentalmente, es necesario decir, 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 tal caso, la mayoría de los casos presentados es debido a degeneración mental debido a la edad y la otra causa importante es la depresión y problemas psicológicos que afectan principalmente a la población joven, según lo manifiestan diferentes organismos de salud estatales.

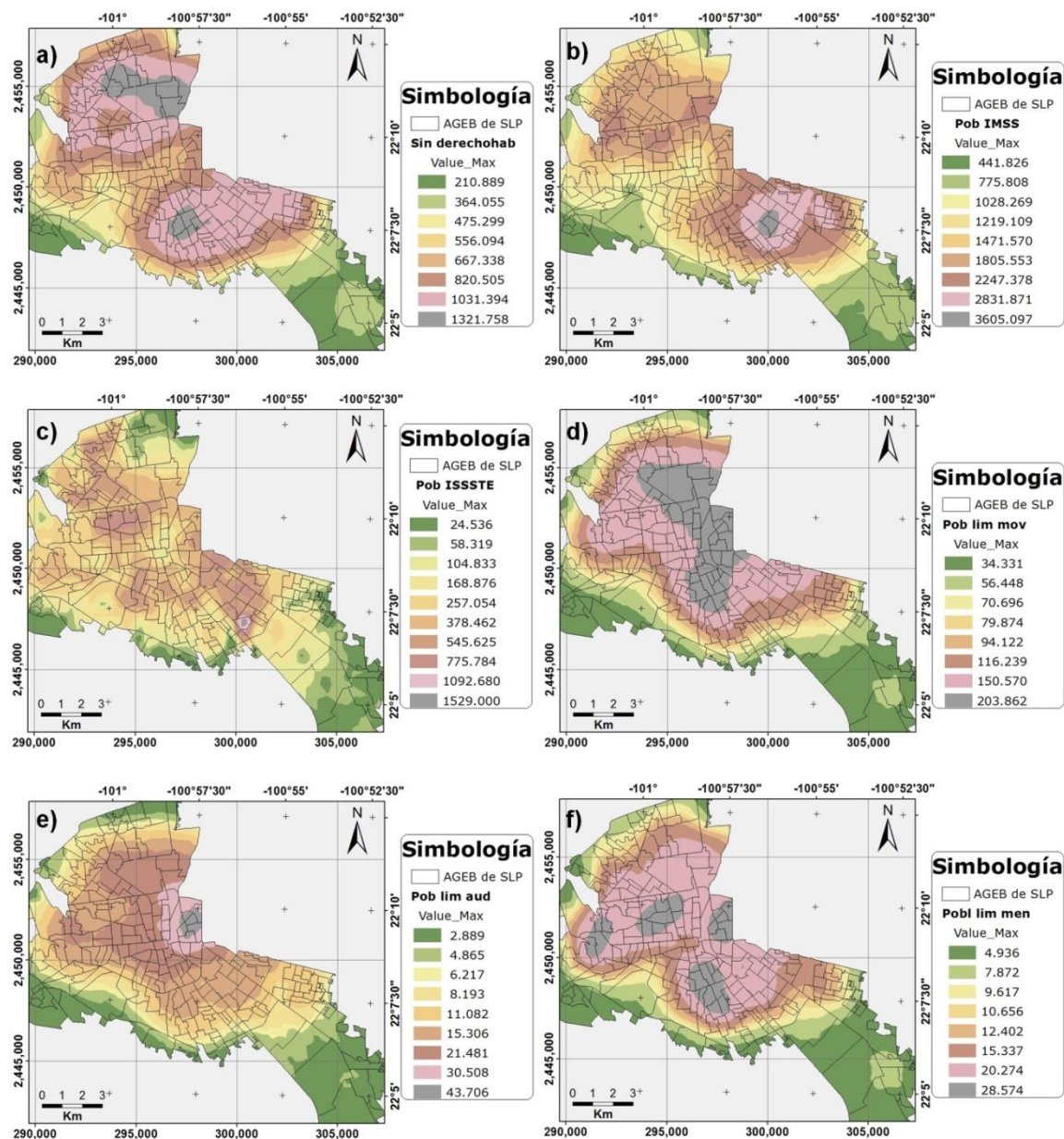


Figura 7. Dinámica de la población de San Luis Potosí en cuanto a servicios de salud.

Si se relacionan estos resultados con el diario vivir y las condiciones de la población, es notable que la población que tiene limitaciones en movimiento esté concentrada en zonas de escasos recursos, en donde este tipo de limitación está muy relacionada principalmente a accidentes de trabajo y en segundo término, malformaciones

CONCLUSIONES

Este trabajo aporta los resultados obtenidos del proyecto final de la materia de Geoestadística que se imparte como materia optativa en el 9° semestre del programa de Ingeniero Geomático 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 y corresponden a las zonas de habitación tipo popular y zona industrial. También fue posible establecer que la dinámica de población migró de la zona centro hacia la parte Oriental y la menor cantidad de población está en la parte poniente de la región, relacionada principalmente a fraccionamientos residenciales. En cuanto a la educación, se observa que las mayores concentraciones de población cuya educación máxima es primaria y/o secundaria están en la parte norte, sur y oriente de la zona urbana, relacionada principalmente a zonas de población 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), esto puede deberse en parte al rol 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 servicios de salud mostró que sólo 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, el IMSS que concentra a la mayor parte de esta población, seguida 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 y los del ISSSTE se concentran en la parte centro y poniente de la zona urbana, que corresponde a las áreas con mayores establecimientos de organismos gubernamentales y de educación estatal, que son los principales afiliados al ISSSTE. En cuanto a la población que está limitada en movimiento, ésta se concentra en la parte oriental y en general se trata de población de escasos recursos que perdieron movimiento por accidente de trabajo o algún problema congénito. La limitación auditiva está relacionada a la exposición que tiene la población a comercios y fábricas ruidosas que se concentran principalmente en la parte oriental. La población con limitaciones mentales está concentrada en cuatro sectores de las porciones centro, poniente y oriente de la zona urbana y, está relacionada principalmente con problemas de depresión y otros problemas psicológicos que afectan a jóvenes y/o degeneración mental debido a una edad avanzada. Finalmente, el trabajo realizado, comprueba la utilidad de la Geoestadística en estudios

demográficos, así como su importancia dentro de la currícula de la carrera de Ingeniería Geomática, pues aporta más herramientas para que los estudiantes puedan desarrollarse mejor en los diversos campos de trabajo que requieran una base de análisis espacial.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Sistema de Mejoramiento de Profesores (PROMEP) por el financiamiento otorgado para presentar este trabajo mediante el convenio PROMEP/103.5/13/6575. Así mismo se agradece 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

- Chilés, J.P., and Delfiner, P. 2012. Geostatistics: Modeling Spatial Uncertainty. 2° Edition, Wiley & Sons, Series in Probability and Statistics, 734 p.
- Díaz-Viera, M.A. 2002. Geoestadística Aplicada. Manual del curso de Geoestadística, UNAM, Instituto de Geofísica, 131 p. Recuperado el 14 de marzo de 2013. <http://mmc2.geofisica.unam.mx/cursos/geoest/GeoEstadistica.pdf>
- Etvar-Aguilar, J., Drude de Lacerda, L., Costa-Miguens, F., and Valente-Marins, R. 2014. The geostatistics of the metal concentrations in sediments from the Eastern Brazilian continental shelf in áreas of gas and oil production. Journal of South American Earth Sciences, 51: 91-104.
- Figueras, S., y Gargallo, P. 2003. Análisis Exploratorio de Datos. [en línea] 5campus.com, Estadística. Recuperado el 25 de mayo de 2014. <http://www.5campus.com/leccion/aed>
- Gething, P.W., Atkinson, P.M., Noor, A.M., Gikandi, P.W., Hay, S.I., and Nixon, M.S. 2007. A local space-time kriging approach applied to a national outpatient malaria data set. Computers & Geosciences, 33(10): 1337-1350.
- H. Ayuntamiento de San Luis Potosí. 2004. Reglamento de construcciones del Municipio de San Luis Potosí. Última reforma: 17 de diciembre de 2004. Recuperado el 20 de abril de 2014. <http://www.implansanluis.gob.mx/descargas/reglamento.construcciones.pdf>
- Hernández-Escobedo, Q., Saldaña-Flores, R., Rodríguez-García, E.R., and Manzano-Agugliaro, F. 2014. Wind energy resource in Northern Mexico. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 32: 890-914

- Hu, S., Cheng, Q., Wang, L., and Xu, D. 2013. Modeling land Price distribution using multifractal IDW interpolation and fractal filtering method. *Landscape and Urban Planning*, 110: 25-35
- INEGI. 2014. Censo de Población y Vivienda 2010: Principales resultados por AGEB y manzana urbana. Recuperado el 20 de marzo de 2014 http://www.inegi.org.mx/sistemas/consulta_resultados/ageb_urb2010.aspx?c=28111
- Khalil, A., Hanich, L., Bannari, A., Zuhri, L., Pourret, O., and 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.
- Mouhri, A., Flipo, N., Rejiba, F., Fouquet, Ch., Bodet, L., Kurtulus, B., Tallec, G., Durand, V., Jost, A., Ansart, P., and Goblet, P. 2013. Designing a multi-scale sampling system of stream-aquifer interfaces in a sedimentary basin. *Journal of Hydrology*, 504: 194-206
- Solana-Gutiérrez, J., and Merino-de-Miguel, S. 2011. A Varigoram Model Comparison for Predicting Forest Changes. *Procedia Environmental Sciences*, 7: 383-388
- Sun, W., Shao, Q., Liu, J., and Zhai, J. 2014. Assessing the effects of land use and topography on soil erosion on the Loess Plateau in China. *CATENA*, 121: 151-163.
- Tukey, J.W. 1977. *Exploratory Data Analysis*. Addison-Wesley Publishing Company Reading, Mass. Menlo Park, Cal., London, Amsterdam, Don Mills, Ontario, Sydney, XVI, 688 S.
- Wagenmakers, E.J., and Farrel, S. 2004. AIC model selection using Akaike weights. *Psychonomic Bulletin & Reviews*, 11(1): 192-196.
- Wang, Y., Zhuang, D., and Liu, H. 2012. Spatial distribution of floating car speed. *Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology*, 12(1): 36-41.