

Análisis espacial mediante SIG, modelos geoestadísticos y econométricos del fenómeno de deserción en la Universidad del Valle

Caso: Estudiantes de la segunda cohorte de 2001 residentes en el área urbana de Santiago de Cali

Alexánder Quevedo Chacón¹

Resumen

La deserción es un fenómeno que afecta a todas las instituciones de educación superior y sobre el cual se han realizado estudios por parte de diferentes universidades, entre ellas la Universidad del Valle. Para reforzar el estudio de la deserción en la Universidad del Valle se hace necesario el análisis espacial del fenómeno. En este documento se presenta el desarrollo de una aplicación SIG que permita espacializar el fenómeno; sin embargo, esta aplicación no permite conocer si el fenómeno realmente presenta una asociación con el espacio geográfico. Por tanto, se hace necesaria la implementación de técnicas geoestadísticas las cuales permiten conocer la estructura espacial del fenómeno. Al ser la deserción un fenómeno de características sociales no basta con determinar su estructura espacial, se hace necesario conocer cómo es la interacción con otros fenómenos socioeconómicos y la distribución en el espacio de esta relación. Para ello, se involucró a la econometría espacial, con modelos de regresión ponderados geográficamente.

Palabras clave:

Deserción, SIG, Geoestadística, Regresión ponderada geográficamente

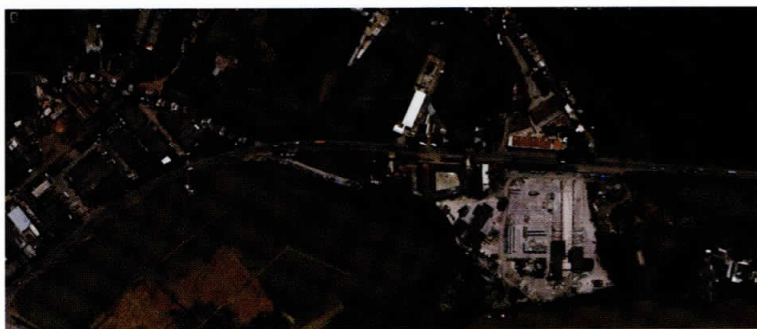
Abstract:

Desertion is a phenomenon that affects every institution of higher education and in which studies have been conducted by various universities including the Universidad del Valle. To reinforce the study of desertion in the Universidad del Valle is necessary the spatial analysis of the phenomenon. This document presents the development of a GIS application that allows spatializing the phenomenon; however this application does not reveal whether the phenomenon really provides an association with geographical space. For that reason it is necessary to implement geostatistical techniques which provide knowledge about the spatial structure of the phenomenon. Desertion as a phenomenon of social characteristics is not sufficient for determining the spatial structure of itself, it is necessary to know how the interaction is with other socio-economic phenomena and the spatial distribution of this relationship. Therefore, spatial econometrics was involved with geographically weighted regression models.

Keywords:

Desertion, GIS, Geostatistics, Geographically Weighted Regression.

Análisis espacial mediante SIG, modelos geoestadísticos y econométricos del fenómeno de deserción en la Universidad del Valle



Introducción

En Colombia, se está estudiando el fenómeno deserción en la educación superior desde el año 2002 con la publicación de la Universidad Nacional de Colombia en conjunto con el Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior (ICFES) titulada "Estudio de la deserción estudiantil en la educación superior en Colombia". En este documento se presenta el estado del arte sobre la educación superior en Colombia. Después de la publicación de este estudio diferentes universidades iniciaron sus propios estudios es el caso de la Universidad de Antioquia, Universidad de los Llanos, Universidad Pedagógica de Colombia, entre otras.

En el año 2006 el Centro de Investigaciones y Documentación en Ciencias Socioeconómicas (CIDSE) presenta un informe detallado sobre la deserción en la Universidad del Valle², encontrando que durante el periodo 1994-2006, de los 16.328 estudiantes matriculados hasta el primer periodo del año 2006, 2.347 correspondientes al 14.4% de los estudiantes se había graduado, mientras que el restante 85.6% aún continuaban en la universidad o había desertado de la misma. Se encontró también que el porcentaje de deserción en la Universidad del Valle llega a un 42.8% presenta

las cifras más elevadas en las facultades de Ciencias e Ingeniería.

Durante el desarrollo del estudio de deserción no se había involucrado ningún componente espacial de tal forma que no se conocía la distribución espacial del fenómeno, para corregir esto se plantearon los siguientes objetivos:

El diseño y construcción de un Sistema de Información Geográfica piloto para el estudio de deserción en la Universidad del Valle (SIGDUV), el cual permitirá conocer la distribución espacial del fenómeno.

Analizar la estructura espacial de la distribución de la deserción al nivel geográfico de barrios para el periodo 2001-2007.

Proponer el primer modelo multivariado, explicativo del fenómeno de deserción estudiantil, a partir de variables socioeconómicas y su correlación con la localización geográfica de las mismas.

Para conocer la estructura espacial del fenómeno se aplicaron técnicas geoestadísticas³, las cuales buscaban demostrar la existencia de autocorrelación espacial⁴ en el fenómeno de deserción para los estudiantes de la segunda cohorte del año 2001, al tra-

tarse de un fenómeno de características sociales es importante conocer la relación que tiene este fenómeno con otros fenómenos sociales en el espacio geográfico donde el individuo se desenvuelve para esto y se involucra a la econometría^{5,6} espacial a través de un modelo ponderado geográficamente.

Para este proyecto se cuenta únicamente con información de la segunda cohorte del año 2001 (agosto-diciembre), con un período de seguimiento de 13 semestres. La población de estudio está conformada por 1.967 estudiantes los cuales viven en el área urbana del municipio de Santiago de Cali, estos estudiantes se encuentran distribuidos en 265 barrios que corresponden al 78% de los barrios de la ciudad como se puede observar en la figura#1 se presentan discontinuidades.

Materiales y métodos

Datos

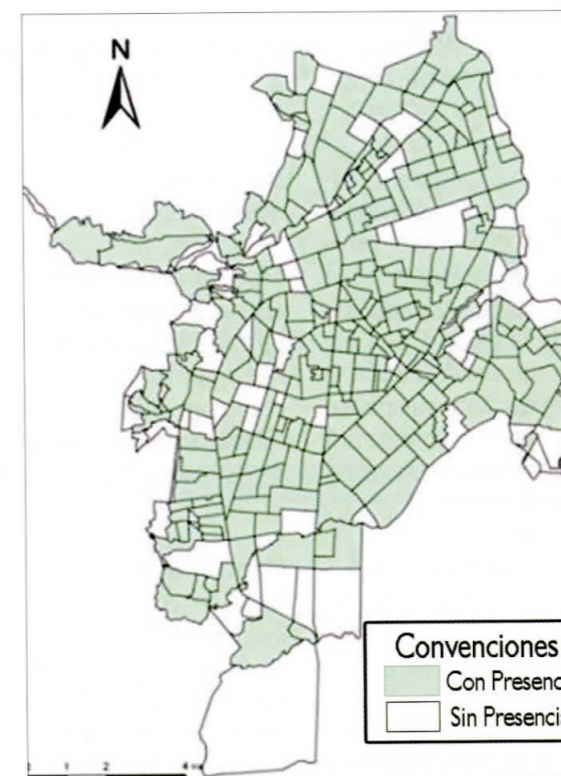


Figura 1.
Mapa. Barrios en Cali con presencia de estudiantes de la segunda cohorte de 2001 en la Universidad del Valle
Fuente:
Elaboración propia.

2 Jaime H. Escobar, Edwin Largo C. Carlos Andrés Pérez (octubre 2006).

3 Geoestadística: Estudio de las variables numéricas que se encuentran distribuidas de manera dependiente en una determinada porción del espacio

4 Autocorrelación Espacial: Relación que existe entre un fenómeno y su localización en un espacio geográfico.

5 Econometría: Aplicación de teorías económicas, modelos matemáticos y estadísticos para conocer el comportamiento de un fenómeno determinado.

6 Econometría espacial: Disciplina de la econometría que proporciona las técnicas necesarias para trabajar con datos georreferenciados.

Se define como desertor al estudiante que deja de matricularse durante dos semestres o más en un mismo programa académico y la deserción definitiva ocurre cuando un estudiante al final del período de estudio nunca se vuelve a matricular. El 47% de la población de estudio presenta al final del periodo de deserción definitiva.

SIGDUV

Para la construcción del SIG piloto del fenómeno de deserción se contó con la información previamente mencionada, para futuros desarrollos se espera poder alimentar el sistema directamente de la base de datos de registro académico de la Universidad, en cuanto a la información cartográfica, esta fue proporcionada por la oficina de Planeación Municipal del Municipio de Santiago de Cali.

Objetivo del sistema

Brindar una herramienta de consulta que permita conocer la distribución geográfica del fenómeno de deserción estudiantil en la Universidad del Valle.

Alcances y limitaciones del sistema

En esta primera etapa el SIG del estudio de la deserción en la Universidad del Valle, se tomaron como unidades de análisis los barrios de la ciudad de Cali, ofreciendo consultas temáticas, según el estado del estudiante durante sus periodos de estudio. El sistema no realizará consultas en un nivel de detalle mayor a la unidad geográfica de barrio.

Cabe anotar que los posibles estados en que se encuentra un estudiante corresponden a las categorías de matriculados, no matriculados y desertores.

Es necesario que el sistema funcione en la web, debido a que de esta forma permitirá las consultas multiusuario

desde diferentes terminales, las cuales requerirán tan sólo un navegador web.

En cuanto al ingreso de la información, debe estar correctamente codificada con el código que Planeación Municipal designa para cada uno de los barrios, ya que el sistema no realizará funciones de geocodificación⁷.

Para brindar seguridad al sistema, se manejarán dos tipos de usuarios: El primer grupo de usuarios tendrá la jerarquía más baja ya que solamente se les permitirá realizar consultas; el segundo grupo corresponde al grupo de administradores del sistema los cuales tendrán la facultad de registrar nuevos usuarios y realizar cambios sobre la base de datos.

Este sistema estará compuesto de dos módulos, los cuales se describen a continuación:

Módulo de consultas generales: Este módulo presenta la información de la distribución de los valores absolutos y de las tasas de deserción total y semestral discriminados por una sola variable como sexo, color de piel, estrato socioeconómico, facultad y programa académico.

Módulo de consultas cruzadas: A diferencia del módulo anterior este módulo permite visualizar el resultado mediante la combinación de variables, es así como un usuario puede visualizar, por ejemplo, la distribución de las mujeres de estrato uno, en un semestre x.

Herramientas:

Para la construcción del sistema de información geográfica se contó con herramientas de libre distribución, a continuación se presentan las herramientas empleadas acompañada de una breve descripción.

Tabla 1.
Lista de herramientas empleadas

Herramienta	Descripción
PostgreSQL versión 8.3	Es un sistema de manejo de bases de datos de código abierto
Potgis	Es un módulo que añade soporte de objetos geográficos a la base de datos objeto-relacional PostgreSQL
Qgis	Pretende ofrecer a usuarios SIG con necesidades básicas un entorno sencillo y agradable
Apache	Es un servidor web http.
MapServer	Es un ambiente de desarrollo de código abierto para desarrollar aplicaciones web espaciales construidas sobre otros sistemas de código abierto.
PHP	Es un lenguaje interpretado, ampliamente usado y que está diseñado especialmente para desarrollo web.
Php- Mapsript	Es un módulo para PHP que permite acceder a la API de MapServer y que adiciona al lenguaje PHP herramientas que permiten programar de forma dinámica la presentación de cartografía.

Implementación:

En cuanto a la implementación de la aplicación esta debe cumplir con una serie de requerimientos funcionales los cuales se presentan en las tablas a continuación:

Tabla 2.
Requerimientos de la aplicación global.

Id	Nombre	Descripción
1	Datos	Debe recuperar datos alfanuméricos y cartográficos de una base de datos.
2	Representación	Debe representar datos numéricos mediante cartografía.
3	Registro	Debe ofrecer la posibilidad de adicionar nuevos usuarios.
4	Identificación	Debe identificar usuarios.
5	Consulta	Debe consultar las variables a nivel de barrios.
6	Variabes	Debe realizar consultas en función de n variables diferentes.
7	Fuentes	El administrador debe estar en capacidad de consultar la base de datos alfanumérica.
8	Logout	El usuario debe poder cerrar su sesión en cualquier momento
9	Interfaz	La interfaz web debe ser sencilla e intuitiva, independiente del diseño.
10	Créditos	El usuario debe poder ver los créditos del proyecto

Tabla 3.
Requerimientos de la aplicación cartográfica.

Id	Nombre	Descripción
11	Zoom	Debe hacerse zoom sobre la cartografía, de diferentes tipos (in, out, extent) y a diversas escalas
12	Pan	Debe ofrecer una herramienta de pan (desplazamiento)
13	Imprimir	Debe poder imprimir los mapas temáticos resultado de la consultas en formato PDF
14	Leyenda	Debe tener la leyenda del mapa resultado de la consulta
15	Mapa de referencia	Debe ofrecer a los usuarios un mapa de referencia
16	Escala gráfica	Debe mostrar siempre la escala gráfica actual y sus respectivas unidades
18	Capa	Siempre mostrará la capa tipo polígono de los barrios de Cali. Esta aplicación tendrá una segunda capa la cual contiene la etiqueta de los labels (etiquetas)
19	Estado	En este primer módulo solo se podrá cambiar el estado (prender/apagar) de la capa de etiquetas de los barrios.

⁷ El proceso de geocodificación consiste básicamente en asignar coordenadas a elementos de los cuales sólo se conocen topónimos

Construcción

Como primera medida se debe crear una base de datos relacional que tenga incluido el soporte para el almacenamiento y manipulación de información geográfica. Para permitir la visualización de la cartografía temática, una vez definida la base de datos, se procede a la construcción de la aplicación. Mapserver cuenta con diversas herramientas, entre ellas el Mapfile, archivo

básico de configuración del trabajo, en el cual se consignan los parámetros del mapa que se desea mostrar (número de capas, color, escala, proyección, etc.). Este archivo es estático y para la ejecución de consultas dinámicas requiere de una reestructuración construida a través de php mapscript. A continuación se muestra la estructura de construcción del objeto mapa. Esta estructura se debe respetar en el archivo mapfile y en el código php mapscript.

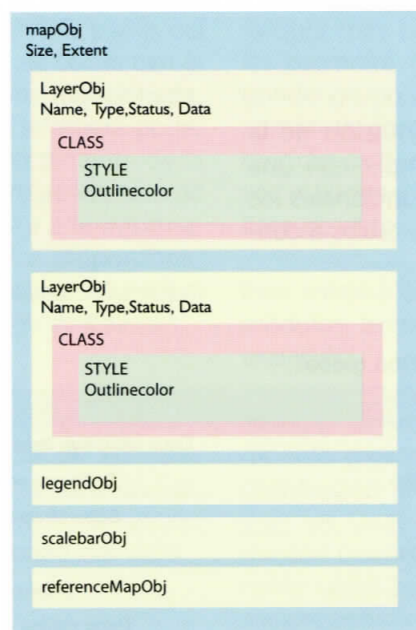


Figura 2.
Estructura del archivo mapfile.

Fuente:
Beginning Map
Server open source
GIS development

Debido a que esta aplicación requiere de consultas temáticas dinámicas en las cuales no siempre la distribución geográfica va cumplir con los mismos intervalos de distribución se optó por usar el lenguaje php mapscript, el cual construye siempre 5 intervalos diferentes dependiendo del valor máximo y mínimo de los datos. Esto se logra recuperando los valores máximo y mínimo de cada consulta mediante SQL.

Geoestadística

Al ingresar a las técnicas de modelación espacial es importante aclarar el concepto de autocorrelación espacial. En

términos prácticos la autocorrelación espacial mide el grado de similitud para una variable (Z), entre puntos vecinos sobre el área muestral, usando para ello diferentes métodos que dependen de la naturaleza del estudio.

Uno de estos métodos es el semivariograma, el cual mide el grado de correlación que existe entre los valores de una variable, cuantificando la semivarianza que existe en una distribución⁸. Esta herramienta es usada para ir más allá de la determinación de la autocorrelación espacial, ya que mediante la cuantificación de una relación de variables medida en una serie de puntos, se puede conocer o predecir el valor de esta va-

riable para puntos situados a distancias conocidas, pero que no han sido muestreados.

El semivariograma se define como la media aritmética de todos los cuadrados de las diferencias entre pares de valores experimentales separados una distancia h^9 o lo que es lo mismo, la varianza de los incrementos de la variable regionalizada separadas por una distancia h .

Herramientas

R-project: R es un lenguaje y entorno de programación para análisis estadístico y gráfico. Se trata de un proyecto de software libre, resultado de la implementación GNU del premiado lenguaje S. R.

Tasas de deserción

Para realizar el cálculo de la tasa total de estudiantes se tomó la sumatoria de todos los desertores durante el período de análisis, sobre el total de matriculados para los cuales fue posible encontrar su localización espacial (1.967). A continuación se presenta la fórmula mediante la cual se obtuvo la tasa de deserción.

$$TD = \frac{\sum_{i=0}^I D}{1967}$$

En cuanto al cálculo semestral de las tasas de deserción se tomó el número desertores en el semestre, sobre el número de estudiantes que debieron matricularse, menos el número de estudiantes graduados en el correspondiente semestre. Es importante resaltar que el número de estudiantes graduados tomará el valor de 0 hasta el séptimo semestre. A continuación se presentan los cálculos para los semestres 2º a 4º:

$$TD_{s2} = \frac{Ds_2}{M_{s2} - g_{s2}} \quad TD_{s3} = \frac{Ds_3}{M_{s3} - g_{s3}} \quad TD_{s4} = \frac{Ds_4}{M_{s4} - g_{s4}}$$

Realizando el cálculo de las tasas de deserción se procede a asociarle esta información a los centroides de los barrios¹⁰, y a calcular la nube del semivariograma la cual muestra la magnitud entre el vector separación y entre pares de puntos. La interpretación de este gráfico brindará orientación en cuanto a la definición de algunos parámetros, como la distancia máxima del semivariograma.

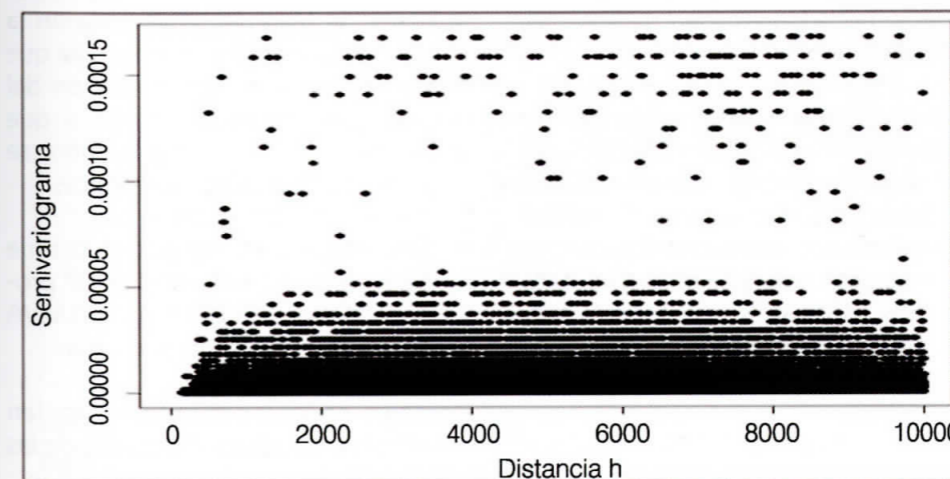


Gráfico 1.
Nube del semivariograma.

⁹ Journel y Huijbregts, 1998

¹⁰ También se conoce como centro de gravedad y se utilizan puesto que el semivariograma realiza su análisis a partir de la construcción de parejas de puntos y, por tanto, se toma el centroide geométrico de los polígonos barriales.

Al observar la nube del semivariograma se procedió al cálculo del semivariograma experimental para los diez semestres sobre los cuales se realizó el seguimiento (entre 3^{er} y 12 semestre) y para la tasa total deserción en condiciones de isotropía¹¹, si se comprueba autocorrelación espacial en condiciones de isotropía se procede a calcular el semivariograma en condiciones de anisotropía.

Enconometría Espacial-Regresión ponderada geográficamente

El objetivo de los modelos econométricos es el de explicar una variable mediante un conjunto de variables, que se identifican como aquellas que explican a la variable objeto de estudio. En este estudio se propone un modelo lineal multivariado ponderado geográficamente con la finalidad de conocer qué factores del entorno en los barrios influyen sobre el fenómeno de deserción.

Herramientas

Geoda: Es un software libre que lleva a cabo análisis de datos espaciales, geovisualización, autocorrelación espacial y modelado espacial. El paquete fue desarrollado por el Laboratorio de Análisis Espacial de la Universidad de Illinois en cabeza de profesor Luc Anselin.

La econometría espacial se fundamenta en la presencia de autocorrelación espacial, para determinar la presencia o no de autocorrelación espacial. El método utilizado en la econometría espacial para determinar la presencia o no de autocorrelación espacial es I de Moran, debido a que la matriz de pesos empleada permite recoger el término de retardo espacial¹².

Para entender esto se aclarará el cálculo de la matriz de pesos para el índice de Moran. Esta es una matriz cuadrada, exógena en la mayoría de los casos no estocástica cuyos elementos muestran la interdependencia entre cada par de regiones *i* y *j*.

$$W = \begin{bmatrix} 0 & W_{12} & \dots & W_{1n} \\ W_{21} & 0 & \dots & W_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ W_{n1} & W_{n2} & \dots & 0 \end{bmatrix}$$

Con respecto a cómo definir los pesos mencionados no existe una única definición de *W* aceptada, siempre que se cumpla que dichos pesos no sean negativos o infinitos. Esta matriz de adyacencia que en su forma básica es igual a 1 si las regiones *i* y *j* presentan adyacencia o a 0 en el caso contrario.

En este estudio se construyó la matriz de pesos en su forma más simple y se procedió a calcular el índice de Moran. Este índice varía entre -1 y 1, el valor positivo indica la presencia de conglomerados espaciales. El paso a seguir es el de la escogencia de las variables que buscan explicar el fenómeno de deserción en la Universidad del Valle, para este estudio se tomaron las siguientes variables: Se tomó en consideración la variable estrato socioeconómico ya que esta da una buena caracterización del entorno del individuo, debido a que puede tomar seis valores diferentes, se crearon cinco variables dicotómicas¹³:

- Porcentaje de homicidios de la serie de tiempo del año 2002-2007 proporcionada por el instituto CISALVA debidamente georreferenciada.

Promedio de los ingresos familiares (en millones de pesos) por barrio de las

familias de los estudiantes admitidos.

- Promedio de los ingresos por barrio de la persona de la cual depende el estudiante durante su permanencia en la universidad, en millones de pesos.
- Porcentaje de los estudiantes que egresaron de planteles educativos públicos en cada barrio.
- Porcentaje de los estudiantes que egresaron de planteles educativos privados en cada barrio.

Habiendo definido las variables que se considera explican el fenómeno, se construye la aproximación al modelo ponderado geográficamente, esta aproximación consiste en un modelo de regresión multivariado, teniendo el modelo se procede a incorporar el

término de retardo espacial, con estos resultados se procede al análisis del modelo.

Resultados

SIGDUV

Como resultado del diseño e implementación del SIGDUV (piloto), se obtuvo una herramienta que permite realizar un seguimiento de los estudiantes en las unidades geográficas en las que ellos se desenvuelven y establecer comparativos que permitan adecuar las políticas de admisiones a la Universidad del Valle. Como se mencionó anteriormente el sistema se diseñó para ser lo más intuitivo posible en su manejo. En la siguiente gráfica se puede observar una cartografía temática resultado de una de las consultas.

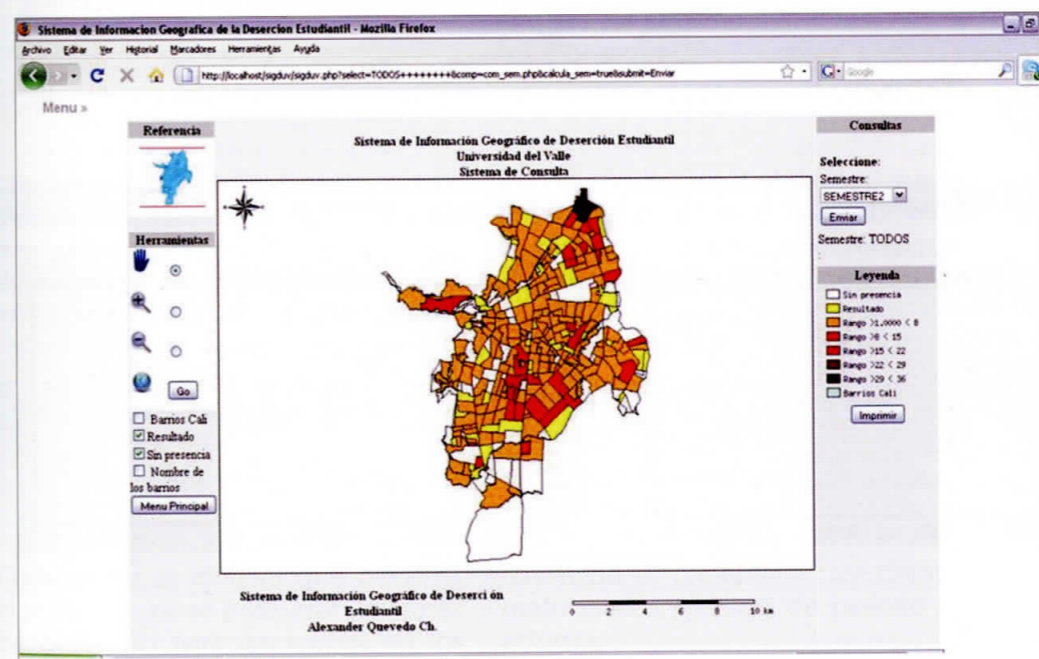


Figura 3. SIGDUV

Fuente: Elaboración propia

11 Isotropía: Indica que el análisis no cambia según la dirección en la que se analicen los datos.

12 R. Moreno Serran, E. Vaya. Técnicas Econométricas para el tratamiento de datos espaciales.

13 Se denomina dicotómica a una variable cuando solo puede tomar dos valores 0 o 1.

Geoestadística

Al analizar los semestres solo se encuentra autocorrelación espacial en el cuarto semestre, motivo por el cual se descarta la posibilidad de realizar un análisis espacio temporal del fenómeno para esta cohorte, se concentra el análisis entonces sobre las tasas totales de deserción encontran-

do mediante el semivariograma experimental autocorrelación espacial.

Los semivariogramas presentados tienen una distancia máxima de 10.000 metros, escogiendo 10 rezagos o intervalos de distancia necesarios para el cálculo del semivariograma; la distancia entre rezagos es de 1.000 metros.

Gráfico 4. Semivariograma experimental de la tasa total de deserción en condiciones de isotropía.

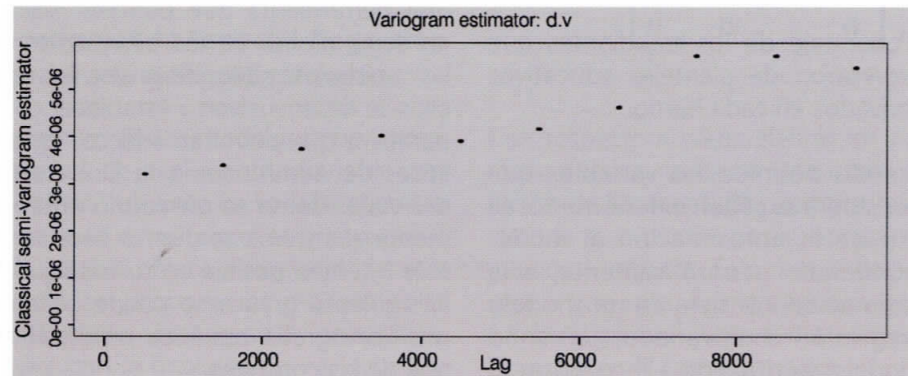
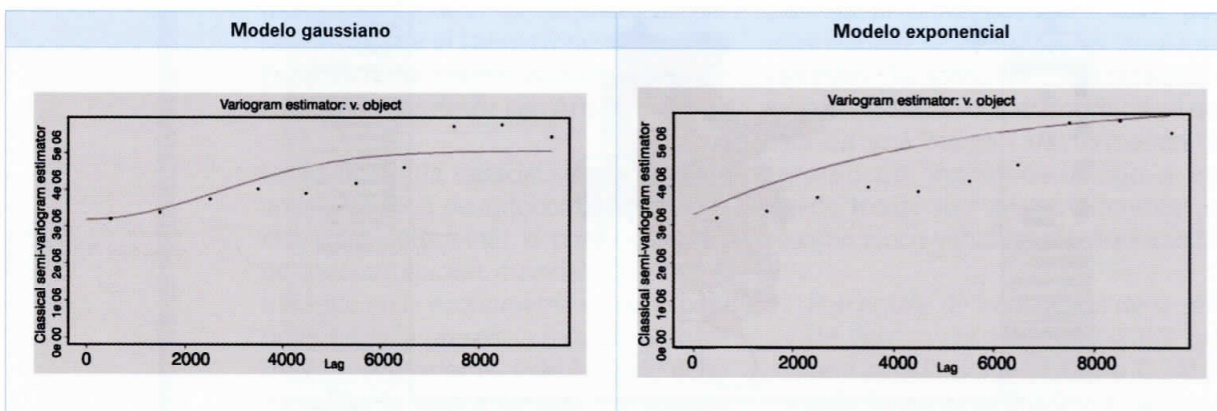


Gráfico 5. Ajuste del Semivariograma de la tasa total de deserción en condiciones de isotropía al modelo Gaussiano y Exponencial.

Teniendo el semivariograma experimental este se ajusta a un modelo teórico encontrando que presenta los mejores ajustes a los modelos Gaussiano y Exponencial.



Habiendo encontrado que en condiciones de isotropía el semivariograma no presentaba discontinuidades o un efecto pepita puro, que puedan llevar a pensar que no existe una autocorre-

lación espacial, se procedió a calcular el semivariograma en condiciones de anisotropía encontrando que el fenómeno presenta una dirección de 90° (Este).

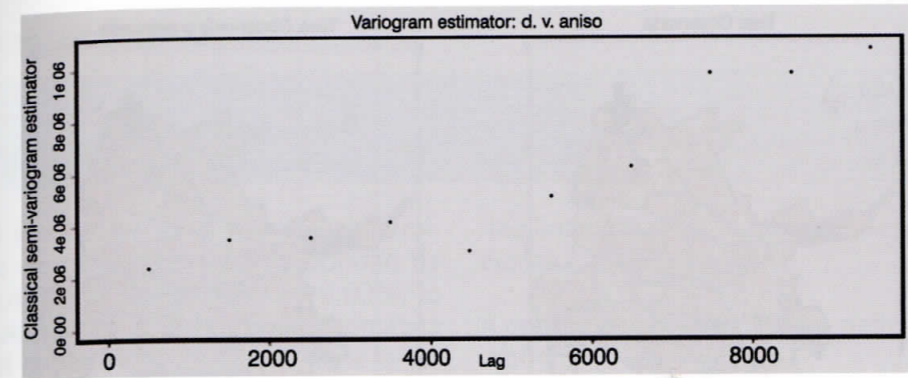
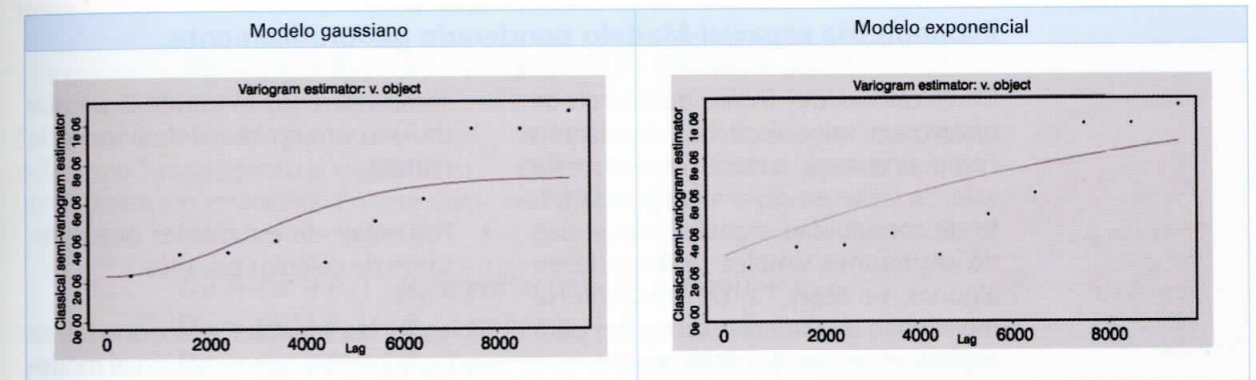


Gráfico 6. Semivariograma experimental de la tasa total de deserción en condiciones de anisotropía.

Se encontró que en condiciones de anisotropía los modelos que gráficamente presentan un mejor ajuste son el Gaussiano

y Exponencial. A continuación se presentan las gráficas de estos modelos.

Gráfico 7. Ajuste del Semivariograma en condiciones de anisotropía a los modelos Gaussiano y Exponencial.



Con los modelos definidos se procedió a estimar las tasas deserción en los barrios para los cuales se conocen las tasas de deserción, esto se realizó mediante interpolación usando el método de in-

terpolación Kriging¹⁴ obtenido que el modelo que presenta el menor error medio cuadrado es el modelo exponencial en condiciones de anisotropía.

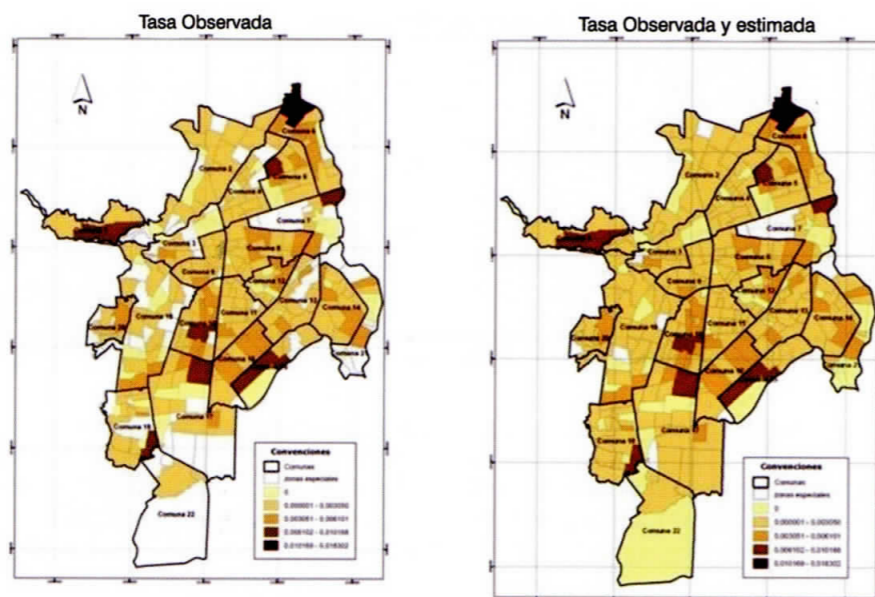
	Exponencial Isotropía	Exponencia Anisotropía	Gaussiano Isotropía	Gaussiano Anisotropía
EMC	0.001467	0.001428	0.5094	0.155359

Conociendo el modelo que presenta el menor error se predijeron las tasas de deserción para los barrios en los

cuales no se presentaron estudiantes matriculados al inicio de período de estudio.

14 Kriging: Técnica de interpolación en la que los valores medidos para áreas circundantes son pesados para derivar valores predictivos para valores no medidos sobre la misma superficie.

Figura 4.
Tasas observadas y estimadas
Fuente:
Elaboración propia



Econometría espacial-Modelo ponderado geográficamente

En el cálculo del índice de Moran se obtuvo un valor de 0.14 considerado como una baja autocorrelación, este valor se debe en gran medida a la falta de continuidad espacial, con el uso de regresiones simples se descartaron algunas variables, a continuación se mencionan las variables escogidas para explicar el fenómeno de deserción.

- Porcentaje de homicidios 2002-2007.
- Estrato socioeconómico (Para evitar problemas de singularidad se tomó

como referencia el estrato 3 porque de lo contrario se indeterminaría la matriz).

- Porcentaje de estudiantes que egresaron de colegios privados.

Teniendo las variables seleccionadas se realiza la primera aproximación al modelo obteniendo un R cuadrado de 0.226. Conociendo la bondad de ajuste del modelo, se procede a calcular el modelo ponderado geográficamente obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 4.
Resultados de la regresión ponderada geográficamente

Variable	Coefficiente	Std.Error	Estadístico T	Probabilidad	
Constante	1.65695	0.5505203	3.00979	0.0026144	**
Estrato 1	-3,064883	0,8181895	-3,745933	0,0001798	*
Estrato 2	-1,2663322	0,5506705	-2,299619	0,0214698	**
Estrato 4	-0,8090499	0,95138636	-0,850393	0,3951065	ns
Estrato 5	-2,272851	0,7895882	-2,878527	0,0039955	**
Estrato 6	-2,105167	1,542015	-1,3665205	0,1721887	ns
% Col privados	1,802749	0,5938028	3,035939	0,002398	**
% Homicidios	4.357507	6,116816	7,123816	0	

*Significativa al 5%
**Significativa al 1%

ns no significativo

R-cuadrado	0.24718
Ajuste R cuadrado	0,226356
Sigma Cuadrado	13.218

Al incorporar en el modelo el término de retardo espacial la bondad de ajuste del modelo sube en 0.02%, lo que implica que la parte sistemática del modelo explica el 24.7% de la va-

riabilidad total de la variable dependiente.

A continuación se procede a definir el modelo:

$$De = \alpha + \beta_1 \varepsilon \text{estra1} + \beta_2 \varepsilon \text{estra2} + \beta_4 \varepsilon \text{estra4} + \beta_5 \varepsilon \text{estra5} + \beta_6 \varepsilon \text{estra6} + \beta_6 \varepsilon \text{porpriv} + \beta_7 \varepsilon \text{homi} + \mu_1$$

$$De = 1.656 - 3.064 \text{estra1} - 1.266 \text{estra2} - 0.809 \text{estra4} - 2.272 \text{estra5} - 2.105 \text{estra6} + 1.802 \text{porpriv} + 4.357 \varepsilon \text{homi} + \mu_1$$

Cuando se tiene estrato 1 el modelo toma la forma

$$De = (\alpha + \theta_1) \beta_1 \varepsilon \text{porpriv} + \beta_7 \varepsilon \text{homi} + \mu_1$$

En donde θ_1 es el impacto diferencial del estrato 1 con respecto al estrato 3, sobre la deserción estudiantil. En este caso

el impacto se captura sobre el intercepto, de esta misma forma se plantea para los estratos dos, cuatro, cinco y seis:

$$De = (\alpha + \theta_2) \beta_6 \varepsilon \text{porpriv} + \beta_7 \varepsilon \text{homi} + \mu_1$$

$$De = (\alpha + \theta_4) \beta_6 \varepsilon \text{porpriv} + \beta_7 \varepsilon \text{homi} + \mu_1$$

$$De = (\alpha + \theta_5) \beta_6 \varepsilon \text{porpriv} + \beta_7 \varepsilon \text{homi} + \mu_1$$

$$De = (\alpha + \theta_6) \beta_6 \varepsilon \text{porpriv} + \beta_7 \varepsilon \text{homi} + \mu_1$$

Es importante recordar que como se puede observar en la tabla de resultados anteriormente presentada, los estratos 4 y 6 no resultan estadísticamente significativos en este modelo, en cuanto a los estratos 1, 2 y 5 los resultados de los coeficientes al ser negativos están confirmando que el pertenecer a un estrato 3 aumenta la posibilidades de desertar.

puede decir que el incremento en un punto porcentual bajo este modelo incrementaría el número de desertores en 3 individuos.

Nuevamente, para realizar el análisis de la variable porcentaje de homicidios se consideraron las demás variables como constantes.

Para analizar la variable porcentaje de estudiantes que egresaron de planteles educativos privados se evaluarán las variables restantes en 0, teniendo entonces

$$De = \alpha + \beta_7 \varepsilon \text{homi} + \mu_1$$

$$De = \alpha + \beta_6 \varepsilon \text{porpriv} + \mu_1$$

De la variable porcentaje de los estudiantes que egresaron de planteles educativos privados en cada barrio se

Con respecto a la variable porcentaje de homicidios, es importante resaltar que esta variable presenta la significancia estadística más alta, el incremento porcentual en un punto de esta variable se ve reflejado en un incremento de 6 individuos que desertarían para la segunda cohorte del año 2001. Este resultado

indica que la violencia en el entorno geográfico en el que se desenvuelve el individuo tiene una incidencia directa en la deserción.

Conclusiones

El desarrollo del SIG piloto, proporciona una herramienta que puede permitir el seguimiento en el espacio y el tiempo del fenómeno de deserción y permanencia en la Universidad del Valle de los estudiantes.

Para la cohorte de estudiantes objeto de análisis en este estudio no se encuentra autocorrelación espacial semestral, debido a la variabilidad en la distribución geográfica del fenómeno de deserción en cada semestre.

La deserción para la segunda cohorte del año 2001 no presenta una distribu-

ción espacial aleatoria; por el contrario, presenta una distribución definida con una dirección hacia el Este. Esta dirección definida se debe a que en las comunas 10, 11, 12, 13 y 14 se presenta una presencia espacial continua de estudiantes desertores, coincidiendo con zonas, en donde se encuentra población socioeconómicamente vulnerable.

Con una sola cohorte no es posible precisar el comportamiento espacial del fenómeno deserción estudiantil en la Universidad del Valle.

Quedó demostrado mediante el planteamiento y los resultados obtenidos del modelo de regresión ponderado geográficamente que existe un efecto directo entre el entorno socioeconómico en el cual los estudiantes se desenvuelven y el fenómeno de deserción estudiantil en la Universidad del Valle para segunda cohorte del año 2001.

Bibliografía

- ANSELIN, L. Y REY. Properties of tests for spatial dependence in linear regression models. Geographical analysis, Illinois, 1991.
- BUZAI D., GUSTAVO, BAXENDALE, CLAUDIA. Análisis socioespacial con sistemas de información geográfica. Buenos Aires, 2006.
- CAEIRO, SANDRA. Delineation of estuarine management areas using multivariate geostatistics: The case of sado estuary. Lisboa, 2003.
- CAMARGO, E. A Geostatistical approach for estimation and mapping of homicide risk. Sao Paulo, 2007 (sin publicar).
- CASTILLEJO, ALFREDO. Teoría geoestadística aplicada a al análisis de la variabilidad espacial arqueológica. Barcelona, 2007.
- ESCOBAR M., JAIME, LARGO, Edwin, PÉREZ, Carlos. Análisis de la herramienta spadies diseñada por el Ministerio de Educación Nacional y el Cede (1994-2006). Cali, 2006.
- ESCOBAR M., JAIME, LARGO, Edwin, PÉREZ, Carlos. Factores asociados a la deserción y permanencia estudiantil en la Universidad del Valle (1994-2006). Cali, 2006.
- GIRALDO H., RAMÓN. Introducción a la geoestadística teoría y aplicación. Bogotá, 2001.
- GOOVAERTS, PIERRE. Geostatistical modeling of the spatial variability of arsenic in groundwater of southeast. Michigan, 2005.
- ICFES, Universidad Nacional de Colombia. Estudio de la deserción estudiantil en la educación superior en Colombia. Bogotá, 2002.
- MAXIMIANO C., ALFREDO. Teoría geoestadística aplicada al análisis de la variabilidad espacial arqueológica intra-site, Barcelona, 2007.