

Gestión de información sobre riesgo ante desastres hidrometeorológicos en México

Dossier 1

Año 4, Vol. 4, Núm. 8 julio-diciembre 2018 | ISSN 2448-5241

Antrópica

Revista de Ciencias Sociales y Humanidades





Análisis exploratorio espacial del índice de vulnerabilidad socioeconómica en el municipio de Naucalpan Estado de México

Exploratory spatial analysis of the socioeconomic vulnerability index in the municipality of Naucalpan, State of Mexico

María Milagros Campos Vargas - Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Geografía

Luis Quintana Romero - Universidad Nacional Autónoma de México, FES Acatlán

José Francisco Monroy Gaytán - Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Geografía

Oscar Frausto Martínez - Universidad de Quintana Roo – División de Desarrollo Sustentable

Recibido: 14 de mayo de 2018.

Aprobado: 10 de julio de 2018.

Resumen

El presente trabajo propone un análisis exploratorio de datos espaciales (AEDE) para el índice de vulnerabilidad socio-económica del municipio de Naucalpan, Estado de México, estructurado mediante un método univariado y de auto-correlación espacial, a partir del cual se obtuvo la comprobación del índice, su interacción, distribución y dependencia espacial por medio de cartografía temática.

Palabras clave: vulnerabilidad socioeconómica, exploración de datos espaciales, autocorrelación espacial, dependencia espacial.

Abstract

The present work proposes an exploratory analysis of spatial data (AEDE) for the socio-economic vulnerability index of the Naucalpan State of Mexico, structured by means of a univariate method and spatial auto-correlation, from which the verification of the index, its interaction, distribution and spatial dependence through thematic cartography was obtained.

Key Words: Socioeconomic vulnerability, exploration of spatial data, spatial autocorrelation, spatial dependence.

Introducción

Los efectos relacionados con el riesgo de desastre tienden a incrementarse de forma exponencial, debido a situaciones relacionadas con el tema de la vulnerabilidad en la sociedad. Entre estas sobresalen las de tipo socio-económico como las condiciones de pobreza, marginación y/o exclusión, los contextos referentes a los servicios de salud vivienda y educación precarios, estratos de población infantil y adultos mayores, el género (mujeres), la etnia, la religión y la afiliación política. Estos elementos o mecanismos interfieren e imprimen debilidad e incapacidad de enfrentar y recuperarse de una situación de desastre. Esta situación hace necesario la continuidad de investigaciones teórico-metodológicas en el tema de la vulnerabilidad, la cual se considera como un eje transversal en el manejo del riesgo de desastre. En esta perspectiva, los requerimientos en el análisis de la vulnerabilidad socioeconómica, desde el punto de vista geoespacial, solicitan la implementación de metodologías robustas que cubran aspectos relacionados con el tratamiento de datos estadísticos y estimación de parámetros espaciales, a partir del cual se logre resultados estructurados como son los índices e indicadores compuestos, los modelos de interacción espacial y la representación de datos en términos cualitativos y cuantitativos en el territorio. En este contexto, una de las opciones que cumple con dichos requerimientos es el que se propone desde el análisis exploratorio y confirmatorio con base en la econometría espacial que provee de herramientas necesarias para el análisis regional, la construcción de mapas, así como el análisis confirmatorio de datos espaciales mediante modelos que utilizan una amplia batería de pruebas estadísticas que buscan determinar la congruencia de esas aproximaciones (Quintana, 2016). El objetivo es asegurar la especificación del modelo en cuanto a ser una fuente confiable para la instrumentación de planes de acción, en relación con los componentes y estructura de la vulnerabilidad socioeconómica de un espacio determinado.

Con base en lo antes mencionado, este trabajo tiene como objetivo proponer la implementación de las posibilidades técnico-metodológicas que ofrece el análisis exploratorio de datos espaciales como proveedor de una situación contextual asociada con la localización de la vulnerabilidad socioeconómica a partir de información espacial agregada. La especificación del modelo nos permitirá explorar las hipótesis principales, identificar las relaciones que explican el comportamiento de la vulnerabilidad socioeconómica en el territorio. Este enfoca en un análisis espacial cuantitativo en el que se incluyen la detección de los efectos de dependencia y heterogeneidad espacial en las variables del modelo, como punto de partida en la etapa, en el que por medio del paquete estadístico y cartográfico Geoda, se plantea la descripción de los datos del Índice de Vulnerabilidad Socioeconómica por una serie de medidas de autocorrelación espacial local, que incluye la presentación de técnicas de ponderación por una matriz de pesos espaciales y su representación sobre el territorio a partir de la visualización de sus efectos.

La hipótesis central del trabajo consiste en considerar que la vulnerabilidad socioeconómica es un fenómeno eminentemente espacial, por lo que presenta efectos de derrama y contagio en el territorio. Lo cual, en términos de política pública tiene fuertes implicaciones al exigir el diseño de medidas de intervención que deben tomar en cuenta la heterogeneidad del territorio y las interacciones que se presentan en el mismo.



Marco teórico conceptual

La vulnerabilidad socioeconómica

De acuerdo con Bankoff *et al.*, (2003 citado en Van Westen, 2009) la vulnerabilidad es un componente multidimensional conformado por los ámbitos físico, social, económico, ambiental, institucional y humano. Es dinámico porque cambia con el tiempo y a través del espacio multiescalar y porque va de la escala de los individuos hasta los países; también es específico porque cada lugar puede requerir su propio enfoque. Blaikie (1996) menciona que la vulnerabilidad está relacionada con el nivel de desarrollo de las áreas expuestas y afectadas, lo que obliga a considerar a estos procesos desde un enfoque integral. De tal manera que, Wilches-Chaux (1989) señala que una sociedad puede ser vulnerable desde diferentes ángulos como: el natural, el físico, el ecológico, el social, el económico, el cultural, el educativo, el político, el técnico, el ideológico y el institucional. La suma de todos estos elementos da como resultado la vulnerabilidad global.

Se han realizado numerosos trabajos para intentar volver operativa la idea de vulnerabilidad socioeconómica; el factor común de dichos análisis es que estudian la vulnerabilidad de diferentes grupos socioeconómicos frente a una variedad de desastres (De Silva y Kawasaki, 2018). Sin embargo, en la práctica, el indicador más utilizado para acercarse a la vulnerabilidad socioeconómica es la pobreza, dado que la gente en estas condiciones se encuentra más expuesta al riesgo medioambiental respecto a la gente con mejor estabilidad económica (Brouwer, *et.al.*, 2007).

Los estudios de vulnerabilidad socioeconómica, para el caso mexicano, se han centrado en examinar el impacto de eventos naturales considerando algunos indicadores macroeconómicos (Rodríguez, 2004). Sin embargo, dichos estudios aún y cuando se realicen a una escala local –como la municipal- carecen de una dimensión de análisis propiamente espacial. En este trabajo se pretende proponer una perspectiva de espacial de la vulnerabilidad socioeconómica, considerando que el espacio no es neutro y tiene importantes funciones. De acuerdo con Capello (2011), el espacio es fuente de ventajas y desventajas –dotaciones factoriales diferenciadas, diferente accesibilidad y procesos de acumulación desiguales-, por lo cual debe ser incorporado en el análisis económico.

Con el fin de proporcionar una perspectiva espacial de la vulnerabilidad socioeconómica, en este trabajo se propone el uso del Análisis Exploratorio de Datos Espaciales (AEDE o ESDA por sus siglas en inglés), que es un conjunto de técnicas propuestas por Anselin (1988, 2005, 2014) para modelar procesos de interacción espacial, tal y como es el caso de la vulnerabilidad. Para llevar a cabo dicho análisis, se tomó como caso particular el del municipio de Naucalpan. La elección se justifica por la disposición de información estadística, así como por la relevancia económica que dicho municipio tiene para el estado de México y para el país en su conjunto (Quintana, 2012). En la siguiente sección se detalla la metodología AEDE que se utilizará en nuestro análisis.



Análisis Exploratorio de Datos Espaciales (AEDE)

Con el desarrollo de los Sistemas de Información Geográfica (SIG o GIS por sus siglas en inglés), el análisis espacial ha cobrado un gran impulso. Los SIG permiten la utilización de bases de datos georreferenciadas en capas de información con soporte de mapas y ello es la base del AEDE. En sentido estricto, el AEDE es un conjunto de técnicas para sintetizar propiedades espaciales, detectar patrones espaciales y formular hipótesis de la geografía de los datos (Anselin, 2005).

El principio básico para realizar un análisis AEDE es que el fenómeno de estudio presente una relación funcional específica, denominada dependencia o autocorrelación espacial. La dependencia espacial implica que el valor de una variable en un lugar está relacionado con su valor en otro lugar del espacio. Por lo cual, las observaciones de una variable en diferentes localizaciones no son independientes y tal es el caso de los procesos socioeconómicos de vulnerabilidad que aquí se buscan analizar.

Los patrones de dependencia espacial pueden ser positivos cuando existe asociación entre valores similares de una variable y localizaciones cercanas; o negativos, cuando los valores altos de una variable se encuentran rodeados por valores bajos de la misma y viceversa (Moreno, *et al.*, 2002) (Chasco, 2003).

En el análisis AEDE se utiliza una amplia gama de mapas en los cuales se representan diferentes agrupaciones de los datos, con el fin de identificar patrones espaciales de dependencia que pueden ser indicativos de fenómenos de derrama espacial o de jerarquías espaciales de las variables de estudio.¹ El análisis AEDE utiliza como medida de la dependencia espacial un estadístico de correlación espacial conocido como Índice de Moran (IM). El IM se define globalmente y localmente, su expresión global es la siguiente (Anselin, 1988):

$$IM = \frac{N \sum_{ij} w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{S_0 \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}$$

Donde: $S_0 = \sum_i \sum_j w_{ij}$, x_i es la variable de estudio en la región i , \bar{x} es su media, w_{ij} son los pesos de la matriz W y N es el número de observaciones. W es una matriz de pesos espaciales y sus elementos toman el valor de 1 cuando la unidad de análisis territorial presenta vecindades y 0 en otro caso. Las características de estas matrices se pueden revisar en Arbia (2008).

Por su parte, el IM local que se conoce como LISA por sus siglas en inglés, se define de la manera siguiente (Anselin, 1995):

$$LISA = \sum_i (x_i - \bar{x}) \sum_j w_{ij} (x_j - \bar{x})$$

¹ En el sitio GeodaCenter de Luc Anselin, en la Universidad de Chicago, pueden consultarse las diferentes variantes de mapas utilizadas en el análisis AEDE que están disponibles en: <http://geodacenter.github.io/documentation.html>



El IM global permite contrastar la hipótesis nula de dependencia espacial para todas las unidades espaciales, mientras que LISA contrasta la misma hipótesis nula para cada una de las unidades espaciales involucradas en el análisis.

Materiales y métodos

Localización y antecedentes del área de estudio

El municipio de Naucalpan se ubica en la porción occidental del Estado de México y forma parte de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) (Figura 1). Esta demarcación forma parte del centro político y económico del país. Se caracteriza por tener una importante actividad económica, industrial y de servicios, así como una dinámica poblacional interesante. Naucalpan es un centro regional importante del Estado de México, correspondiente a la región del Valle Cuautitlán–Texcoco, la cual reúne la mayor concentración urbana y de actividades económicas del país (Quintana, 2012). Índice de Vulnerabilidad social

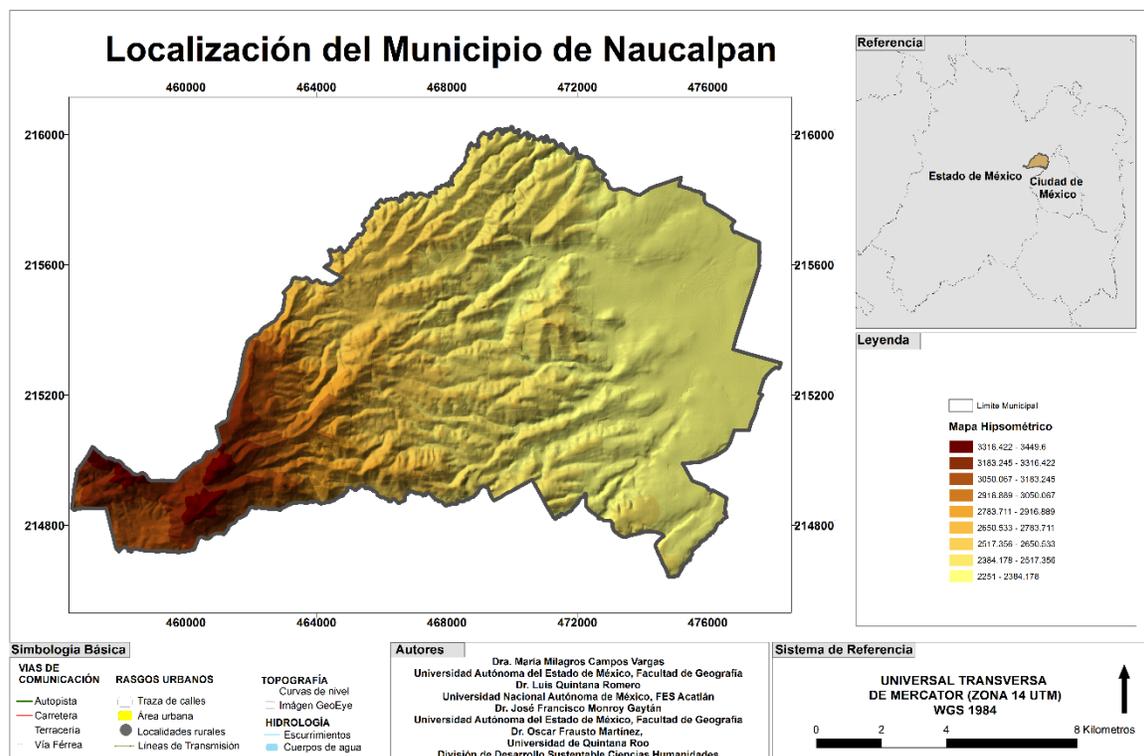


Figura 1. Localización del municipio de Naucalpan. Elaboración propia.

El municipio, como en diferentes zonas del Estado de México, el proceso de ocupación del suelo se dio de forma empírica a partir de una planeación artesanal en la que los pueblos emplazaron templos y plazas como lugares centrales y alrededor de ellos situaban los elementos restantes de forma relativamente ordenada (GME, 2010). Este modelo funcionó hasta mediados del siglo XX, época en la que el Estado de México experimentó un proceso de crecimiento poblacional y de ocupación del territorio, cuyas causas fueron múltiples y obedecieron, principalmente, a la política



seguida desde los años 50 en cuanto a los incentivos fiscales para el desarrollo industrial y la inversión privada. Esto dio lugar a la conurbación física del municipio en un lapso corto, lo que propició una ocupación con deficiencias de planeación y que se acentuó con la aparición de los polígonos industriales. A estas condiciones se sumaron inversiones para la creación de una red vial de comunicaciones que circulaba y enlazaba al municipio con la ciudad. Así, se dotó a la demarcación de autopistas que generaron el despliegue de extensos conjuntos habitacionales en las periferias, con un patrón de uso de suelo con gran consumo de territorio (Fernández, 2006). Los procesos de consolidación residencial, industrial y de áreas de servicios en el municipio generaron un efecto negativo en la calidad de vida, ya que la zona se convirtió en un espacio con grandes aglomeraciones y deficientes condiciones de bienestar y salud, propiciando la generación de espacios vulnerables en términos sociales, políticos y económicos

Índice de vulnerabilidad socioeconómica

Para explicar de alguna forma el contexto de vulnerabilidad del área de estudio se optó por la construcción del índice de vulnerabilidad socioeconómica, por medio del cual se pudiera delinear el impacto social de las políticas respectivas al crecimiento poblacional, la deficiente distribución de la población y las débiles circunstancias económicas que se presentan en el municipio. Se consideró evaluar este tipo de vulnerabilidad debido a que su marco teórico pone énfasis en la inclusión de variables estructurales, tales como condiciones de pobreza y temas de exclusión social, las cuales, dentro de la dimensión del riesgo pueden acrecentar o reducir una situación de desastre (Toscana, 2002).

El índice de vulnerabilidad socioeconómica del municipio de Naucalpan, se integró por 19 variables censales por Área Geoestadística Básica (AGEB) clasificados en 5 estratos. El cálculo se hizo a través del método de componentes principales y estratificados por la base metodológica de Dalenius y Hodges (1959). El índice se formuló por un conjunto de indicadores censales elegidos que impide a los grupos sociales, en mayor o menor medida, enfrentarse a las nuevas políticas económicas y a los riesgos. De ahí que, el primer conjunto de indicadores se refiera a edad, condición física, procedencia étnica y migración reciente, según el supuesto de que ser adulto mayor, indígena, discapacitado y migrante reciente, hace a las personas más vulnerables. El segundo grupo de indicadores, son las condiciones educativas que, tradicionalmente se ha detectado, inciden directamente en la pobreza y exclusión social, como el caso del analfabetismo y nivel de escolaridad a lo largo de la niñez y juventud. El tercer conjunto capta los contextos laborales, de acuerdo con el principio de que la desocupación, la derechohabencia a un servicio de salud y un solo ingreso en el hogar, ponen a las personas en una situación de indefensión. Por último, el cuarto se refiere a situaciones de vivienda que suponen precariedad y exclusión social a ciertos bienes y servicios necesarios para una vida digna.

El conjunto de variables fueron estandarizadas en porcentajes utilizando el paquete SPSS (Statistical Package for the Social Sciences), para la definición de los siguientes indicadores:



VARIABLES CORRESPONDIENTES AL INDICADOR SOCIAL:

- Porcentaje de personas de 60 años y más
- Porcentaje de personas con alguna limitación física o mental
- Porcentaje de personas de 3 años y más hablantes de alguna lengua indígena
- Porcentaje de personas de 5 años y más residentes en otra entidad en junio de 2005

VARIABLES CORRESPONDIENTES AL INDICADOR EDUCACIÓN:

- Porcentaje de personas entre 6 y 14 años que no asiste a la escuela
- Porcentaje de personas entre 15 y 24 años que no asiste a la escuela
- Porcentaje de personas de 15 años y más analfabetas
- Porcentaje de personas de 15 años y más sin escolaridad
- Porcentaje de personas de 18 y más años que no cuentan con educación post-básica
- Años promedio de escolaridad
- Porcentaje de personas entre 15 y 64 años desocupadas

VARIABLES CORRESPONDIENTES AL INDICADOR SALUD:

- Porcentaje de población sin derechohabiencia de algún servicio de salud
- Porcentaje de hogares censales con jefatura femenina

VARIABLES CORRESPONDIENTES AL INDICADOR VIVIENDA:

- Porcentaje de viviendas con piso de tierra
- Porcentaje de viviendas que no disponen de energía eléctrica
- Porcentaje de viviendas que no disponen de agua entubada
- Porcentaje de viviendas que no disponen de drenaje
- Porcentaje de viviendas que no disponen de refrigerador
- Porcentaje de viviendas con un dormitorio

Con los datos estandarizados se procedió al cálculo del IVS, para lo cual se aplicó la técnica de estratificación multivariada mediante una medida unidimensional de componentes principales



para identificar dentro del grupo de variables correlacionadas, cuál de ellas explica la mayor variabilidad del fenómeno. Este se realizó a partir de la suma ponderada de cada uno de los indicadores tipificados; el método se explica por el cálculo de la varianza total que indica la variabilidad del conjunto de indicadores. Con este resultado se empleó el método de estratificación univariada de Dalenius-Hodges, método que permite distribuir los datos en función del número de casos, es decir, realiza una ponderación considerando el universo de datos del indicador para obtener las calificaciones propuestas de las variables según su valor normalizado, en el que el número de intervalos es $= 1 + 3.3 \times \log(n)$, donde n es el número de observaciones o AGEB's.

$$NI = 1 + 3.3 * \log(202) = 8.60$$

Para obtener una distribución uniforme de las observaciones en cada intervalo, se calculó la raíz cuadrada de las frecuencias y se forma la acumulada. Finalmente, para asignar los estratos se calcula el cociente entre el rango de la variable y el número de intervalos (en este caso 3) dado por el valor máximo menos el mínimo posible de la variable. Con las calificaciones asignadas a los indicadores normalizados los estratos para IVS de Naucalpan se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Estratificación del Índice de Vulnerabilidad socioeconómica por AGEB.

Estrato	Rango cualitativo	Límite de Intervalo	Frecuencia
Estrato I	Bajo	-2.020 a -0.6265	66
Estrato II	Medio	-0.62356 a -0.13724	70
Estrato III	Alto	-0.13695 a 3.86048	66

Fuente: Elaboración propia.

El método permitió garantizar la homogeneidad de las unidades espaciales sin perder la heterogeneidad de los resultados.

Análisis Exploratorio de Datos Espaciales (AEDE)

La modelación de la exploración de datos se trabajó a partir el método de correlación espacial con el objetivo de cuantificar la asociación que existe entre el índice de vulnerabilidad y la base territorial (AGEB), todo para conocer y validar el comportamiento de movimiento del índice de vulnerabilidad de un lugar con respecto a otro lugar; esto se llevó a cabo mediante la utilización del Sistema GeoDa, el cual brinda la posibilidad de reunir en un solo *software* las herramientas AEDE ya descritas previamente.²

Ya en la aplicación de los métodos del AEDE, se realizó la representación espacial del patrón de distribución del IVS fue procesado por medio de cuantiles y percentiles (Figura 2).

² GeoDa es un *software* desarrollado por Luc Anselin con el fin de realizar análisis AEDE y estimar modelos econométricos espaciales. En este trabajo se utilizó la versión 1.12 del paquete y se encuentra disponible en el sitio: <http://geodacenter.github.io/>



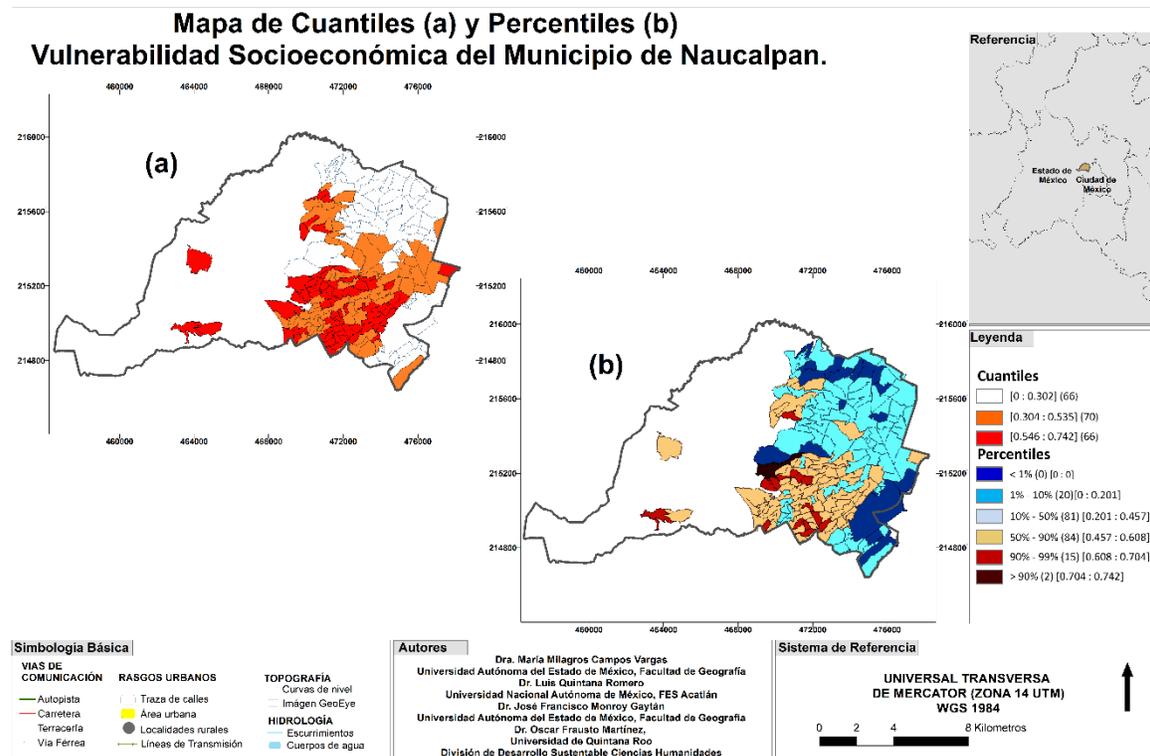


Figura 2. Cuantiles (a) y percentiles (b) del Índice de Vulnerabilidad Socioeconómica del municipio de Naucalpan. Elaboración propia.

Ambos mapas muestran que los valores más altos del índice se agrupan en la parte suroeste del municipio, detectando con ello las zonas más vulnerables de Naucalpan.

En la figura 2 del mapa (a), se observa que los valores medios y altos se agrupan en 136 unidades espaciales de un total de 202 AGEBS y cubren el 69 % de la superficie del municipio; en contraposición, los valores bajos de vulnerabilidad corresponden a 66 unidades AGEBS y se distribuyen en la vertiente norte del municipio. El mapa de percentiles, figura 2, mapa (b), permite complementar el análisis al resaltar los puntos fríos y calientes, es decir, reconocer valores extremos y por medio de estos resaltar los puntos de conflictos y los de las mejores condiciones en términos de vulnerabilidad socioeconómica. El resultado arrojó dos unidades espaciales como las más afectadas y 20 como las óptimas. En este sentido, la correlación estadística y representación gráfica de las unidades espaciales de ambos resultados brindan un primer acercamiento al comportamiento de la vulnerabilidad socioeconómica en la zona de estudio.

Los AGEBS más vulnerables son los que se localizan en la porción sureste, que se trata de conjuntos habitacionales de colonias populares de alta densidad y baja calidad de construcción –como la colonia 3 de mayo, Chivato, Casa Blanca, etcétera–, en las que en muchos casos albergan zonas comerciales en el mismo predio de las viviendas, así como ejidos y áreas agrícolas que han ido cediendo al crecimiento urbano informal, mismo que se consolida con el paso del tiempo según un esquema de deficiencia en cuanto a infraestructura y servicios.



Por otra parte, las zonas con grados de vulnerabilidad bajo se localizan en dos porciones específicas al sureste, colindante con zonas de ingresos altos de los municipios de Atizapán de Zaragoza, Tlalnepantla y las delegaciones Azcapotzalco y Miguel Hidalgo. Al norte en la zona residencial de Ciudad Satélite y Zona Esmeralda, por su carácter económico, son áreas planeadas con mayor nivel de infraestructura, conjuntos habitacionales residenciales de baja densidad y alta plusvalía, así como centros comerciales de alto nivel socioeconómico, entre los que se encuentran La Cúspide, Plaza Satélite y Lomas Verdes. La distribución espacial evidencia fuertes contrastes en términos sociales y económicos de la población en el municipio.

Análisis de la dependencia espacial

Como ya se había mencionado antes, el análisis de dependencia espacial permite estudiar la forma en que se produce la propagación de un fenómeno a través de diferentes unidades espaciales y si este comportamiento es adecuado a algún modelo de difusión establecido, o bien, para estudiar la segregación espacial de alguna característica (Gamir Orueta *et al.*, 1994)

El IVS medido para las AGEBS (unidades espaciales) supone que en la vulnerabilidad podrían existir efectos de contagio o desbordamiento de una unidad espacial a las unidades espaciales vecinas, lo cual daría lugar a la concentración del fenómeno en ciertas zonas del territorio. También, es posible que se presente disimilitud en los procesos de vulnerabilidad entre las unidades espaciales más próximas, lo cual sería evidencia de procesos de jerarquía espacial propios de relaciones tipo centro-periferia bajo las cuales una zona disminuye su vulnerabilidad a costa de que en otras zonas se incrementa.

Para el caso de estudio de estos procesos espaciales de dependencia, se utilizaron los índices de Moran global y local ya especificados en la sección previa. En todos los casos se utilizó una matriz de pesos espaciales de tipo Reyna por frontera, ya que esta permitió maximizar los procesos de dependencia espacial de similitud por vecindad. En la figura 3 se ilustran las opciones del *software* para elegir el tipo de matriz de pesos espaciales que se utilizaron y, que en este caso, fue Reyna o *Queen*.

Property	Value
type	custom
symmetry	unknown
file	AGEBNauc_region.gal
id variable	CVEAGEB
# observations	202
min neighbors	0
max neighbors	16
mean neighbors	5.38
median neighbors	5.00
% non-zero	2.66%

Figura 3 Matriz de pesos espaciales tipo Reyna a nivel AGEBS. Elaboración propia



Una vez que se obtiene el IM es necesario evaluar su nivel de significancia estadística, que se relaciona con el nivel de error de decisión que suele ser de 5% (0.05), por lo que si su p-valor es mayor a 0.05 implica que la configuración espacial se produce de manera aleatoria y no existe dependencia espacial, mientras que un p-valor menor (0.05) confirmaría la existencia de la dependencia espacial.

El resultado del IM global fue estadísticamente significativo y obtuvo un valor de 0.69 (Figura 4), lo cual muestra una fuerte dependencia espacial positiva en los procesos de vulnerabilidad socioeconómica en el municipio de Naucalpan.³

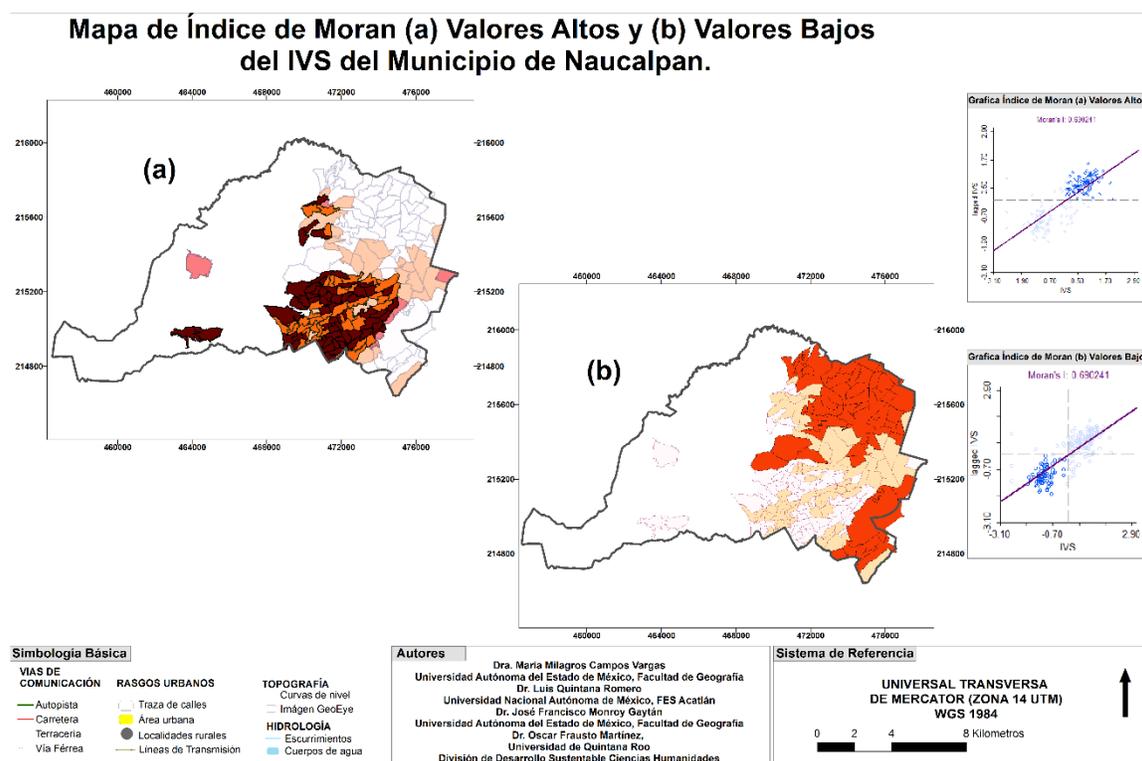


Figura 4. Estadística del Índice de Moran (a) valores altos y (b) valores bajos del IVS. Elaboración propia.

En la figura 4, mapa (a), se muestra el gráfico de dispersión del IM, que presenta un gran número de AGEBS ubicados en el cuadrante I; los cuales se caracterizan por presentar una elevada vulnerabilidad socioeconómica y estar rodeados también por AGEBS de alta vulnerabilidad. Estas unidades territoriales forman claramente un clúster o agrupamiento en donde se presentan procesos de alto contagio de la vulnerabilidad socioeconómica y que se muestran claramente en el mapa de análisis LISA de la figura, ubicados principalmente en la región sureste del municipio. En el cuadrante III, presente en la parte inferior izquierda de la gráfica del IM, se presentan los valores

³ Para validar la significancia del IM se realizaron 999 permutaciones y se obtuvieron p-valores inferiores al 0.001, lo cual permite rechazar en todos los casos la hipótesis nula de aleatoriedad espacial.



bajos de vulnerabilidad socioeconómica; destaca en esos datos que también los valores bajos de vulnerabilidad forman un clúster o agrupamiento en el cual hay efectos de derrama de baja vulnerabilidad de un territorio a otro (figura 4, mapa b).

En la tabla de la selecciones de las unidades espaciales con altos valores de vulnerabilidad socioeconómica, se puede confirmar que pertenecen a colonias con bajo ingresos y precariedad en servicios urbanos, así como las unidades espaciales de más baja vulnerabilidad en el municipio y que se corresponden con colonias de altos ingresos. Los resultados obtenidos por los índices global y local de Moran permiten confirmar que la vulnerabilidad socioeconómica es un proceso eminentemente espacial. Por lo cual, su despliegue es desigual en el territorio y claramente muestra procesos de aglomeración territorial que definen el marco de actuación de las políticas públicas necesarias para poder reducir sus efectos negativos.

Conclusiones

El AEDE considera la interacción del análisis estadístico con la información cartográfica para entender de forma integral las distribuciones espaciales del IVS del municipio de Naucalpan, su esquema de asociación, sus clúster y los puntos calientes/fríos. A través del AEDE se logró mostrar que la vulnerabilidad socioeconómica presenta procesos espacialmente diferenciados, lo cual confirma nuestra hipótesis inicial. Los resultados obtenidos indican que el patrón espacial que sigue la vulnerabilidad socioeconómica en Naucalpan es de un proceso típico de dependencia espacial positiva, en el cual se identifican dos agrupamientos o clústeres, uno de alta vulnerabilidad en el sureste del municipio y otro de baja vulnerabilidad hacia la parte central del municipio.

De forma operativa el programa informático, GEODA, posibilita la interacción entre gráficos, datos tabulares, y métodos estadísticos en una misma herramienta potente en el análisis espacial desde una plataforma amigable, que no necesita amplios conocimientos de un SIG como tal. Los procedimientos del análisis exploratorio de datos espaciales mediante gráficos de dispersión resultaron ser un método pertinente en la revisión y aplicación de las técnicas econométricas que han sido referenciadas en el presente trabajo. Desde el punto de vista temático el resultado mostró una estructura claramente definida en dos grupos de datos, coincidentes con las características sociales y económicas del área de estudio.

En un trabajo futuro sobre el tema, resultaría altamente relevante extender esta investigación para llevar a cabo un análisis confirmatorio, utilizando modelos econométricos espaciales que permitan establecer cuáles son los determinantes de los procesos hasta ahora identificados en esta investigación. 



Referencias

- ACEVEDO, I. (2008). *Algunos conceptos de la econometría espacial y el análisis exploratorio de datos espaciales*.
- ANSELIN L. (2005). *Exploring Spatial Data with GeoDaTM: A Workbook*. Centre for Spatially Integrated Social Science. Recuperado de <http://geodacenter.asu.edu/learning/tutorials>
- ANSELIN, L. y S. REY (2014). *Modern Spatial Econometrics in Practice: A Guide to GeoDa, GeoDaSpace and PySAL*. GeoDa Press LLC.
- ANSELIN, L. (1988). *Spatial Econometrics: Methods and Models*. Boston: Kluwer Academic Publishers.
- ARBIA, G. (2008). *Spatial econometrics: Statistical foundations and applications to regional convergence (Advances in Spatial Science)*. Springer.
- BLAIKIE, P., et al. (1996). *Vulnerabilidad, el entorno social de los desastres*. Bogotá, Colombia: La RED-ITDG.
- BROUWER, R., et al. (2007). *Socioeconomic Vulnerability and Adaptation to Environmental Risk: A Case Study of Climate Change and Flooding in Bangladesh, Risk Analysis*. Vol. 27, Núm. 2.
- CHASCO YRIGOYEN, C. (2003). *Econometría Espacial Aplicada a la Predicción -Extrapolación de Datos Microterritoriales, Consejería de Economía e Innovación Tecnológica*. Tesis Doctoral.
- DALENIUS, T. & J. HODGES (1959). "Minimum Variance Stratification". En: *Journal of the American Statistical Association*. Vol. 54, Núm. 285.
- DE SILVA, M.M.G.T. y A. KAWASAKI (2018). *Socioeconomic Vulnerability to Disaster Risk: A Case Study of Flood and Drought Impact in a Rural Sri Lankan Community, Ecological Economics*.
- FERNÁNDEZ, M. (2006). *Diagnóstico Ambiental Urbano*. México: Instituto Municipal de Planeación Urbana del Estado de México.
- GAMIR, O., et al. (1994). *Prácticas de Análisis Espacial*. Barcelona: Oikos-tau..
- GOBIERNO DEL ESTADO DE MÉXICO, SECRETARÍA DE DESARROLLO URBANO (2010). *Zonas Metropolitanas 200 años de realidades mexiquenses*. Tomo I. México.
- LUC, A. (1988). *Spatial Econometrics: Methods and Models*, Kluwer Academic Publishers.
- MORENO, R. (2002). "Econometría espacial: nuevas técnicas para el análisis regional. Una aplicación a las regiones europeas Investigaciones Regionales".



- QUINTANA, L., *et al.* (2016, Marzo). *Econometría Aplicada Utilizando R 1ª Ed.* Universidad Nacional Autónoma de México, Delegación Coyoacán, México, D.F.
- QUINTANA, L. (2012). “Perspectivas de la actividad industrial en el municipio de Naucalpan”. En: Isaac y Quintana (coordinadores). *La industria en la zona metropolitana del Valle de México*, Plaza y Valdés-UNAM, Vol. 2.
- REYES, M. (2003). “Tecnologías de Información, cartografía y geografía en la era digital”. En: *Revista Boletín de Política Informática*.
- TOSCANA-APARICIO, A. (2006). *Los paisajes del desastre*. Tesis de doctorado en Geografía, Posgrado de Geografía. Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional Autónoma de México.
- VAN WESTEN, C. J. (2009). *Distance Education course on the use of spatial information in Multihazard risk assessment*. Recuperado de <http://www.itc.nl/Pub/study/Courses/C11-AES-DE-01>

