XVI SIMPOSIO INTERNACIONAL SELPER 2014

La Geoinformación al Servicio de la Sociedad

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

Delito y lugar: análisis exploratorio del robo a microempresas

Fabiola Maribel Denegri de Dios, Judith Ley García, Pablo Jesús González Reyes
Universidad Autónoma de Baja California, Edificio de Vicerrectoría, bulevar Benito Juárez sin número, Mexicali, Baja California, México. fdenegri@uabc.edu.mx, jley@uabc.edu.mx, pgonzalez@uabc.edu.mx. Investigadores del Instituto de Investigaciones Sociales-UABC.

Delito y lugar: análisis exploratorio del robo a microempresas[1]

Resumen

Las microempresas juegan un papel importante en la economía de los países debido a la elevada cantidad de establecimientos que representan y el alto porcentaje de empleos que generan. Éstas se distribuyen en todo el espacio urbano y, debido a ello, se encuentran expuestas a diversos peligros naturales y antropogénicos, entre ellos, a la inseguridad pública, principalmente al robo. Las microempresas suelen ser vulnerables a este delito pues, la escasa disponibilidad de recursos y la falta de una cultura de aseguramiento de activos, entre otras características, limitan su capacidad para enfrentar y recuperarse de los impactos que ocasiona ser víctima de uno o varios eventos de este tipo. El propósito de este trabajo es realizar un análisis exploratorio de datos espaciales sobre el robo a microempresas en la ciudad de Mexicali, México, como una aproximación al comportamiento espacial de este delito. Lo anterior, se lleva a cabo a partir de la construcción de un sistema de información geográfica que contiene los datos disponibles sobre las microempresas dedicadas al comercio y los robos cometidos en contra de este tipo de establecimientos, obtenidos del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas y la Secretaria de Seguridad Pública del Estado de Baja California, respectivamente.

Palabras clave: delito, SIG, robo a comercio, Pyme, puntos calientes.

[1] Este trabajo forma parte de un proyecto de investigación más amplio denominado "Resiliencia empresarial: las microempresas frente a la inseguridad pública".

Crime and place: explorative analysis of robbery against microenterprises

Abstract

Microenterprises play an important role in the economy of countries in terms of the large number of establishments that they represent and the high proportion of jobs created for them. They are distributed all over urban space and, consequently, are exposed to several natural and anthropogenic hazards, including public insecurity, mainly theft. Microenterprises are often vulnerable to this crime due to the scarce availability of resources and the lack of an asset insurance culture, among other features, that limit their ability to cope and recover from the impact of being victim of one or more events of this type. The purpose of this paper is to provide an exploratory analysis of spatial data on the incidence of robbery in microenterprises in Mexicali, Mexico, as an approximation to spatial behavior of this crime. This is done through the construction of a geographic information system that contains data of the commercial microenterprises and robberies committed against such establishments, obtained from the National Statistical and Economic Units Directory and the Secretary of Public Safety of the State of Baja California, respectively.

Keywords: Crime, GIS, robbery, SMEs, hot spots.

Introducción

El incremento en los niveles de inseguridad pública y violencia en México se ha colocado como uno de los principales problemas que afectan distintas esferas del desarrollo económico del país. En el caso particular del sector privado, delitos como el robo a las empresas, afecta el desempeño y las ganancias de un sinnúmero de establecimientos, pone en riesgo su permanencia en el mercado, e influye negativamente en la economía local.

En México, según la Encuesta Nacional de Victimización de Empresas (Inegi, 2012), para el año 2011, nueve de cada diez empresas víctimas de algún delito fueron microempresas y cinco de cada diez se dedicaban al comercio (Inegi, 2012). De los estados de la República Mexicana, Baja California ocupó a nivel nacional, en el periodo 2008-2012, el segundo lugar en robos a comercio[2] después de la capital del país (Distrito Federal) (Secretariado Ejecutivo del Sistema Nacional de Seguridad Pública, 2014). En dicho estado, el municipio de Mexicali, desde el año 2011, ocupa el primer lugar de robos a comercio superando a Tijuana que concentra el mayor porcentaje de población y establecimientos (Secretaria de Seguridad Pública del Estado de Baja California, 2014, Inegi, 2009).

El interés en el análisis de la relación lugar y delito aumentó, a partir de los años noventa, con los avances tecnológicos en materia del mapeo digital y los sistemas de información geográfica. En este contexto surge el análisis exploratorio de datos espaciales (AEDE) que constituye un conjunto de técnicas para explorar el comportamiento espacial

[2] El número de robos a comercio corresponde a los datos oficiales sobre las denuncias presentadas (averiguaciones previas o Número Único de Caso).

de fenómenos o variables, el punto central del AEDE es el cálculo de la autocorrelación espacial que permite sugerir si los patrones espaciales identificados son estadísticamente significativos. Otro elemento clave relacionado con el incremento en la discusión fue la integración de enfoques como la criminología ambiental. El enfoque de la criminología ambiental parte de la idea de que los lugares en los que se cometen delitos no son elegidos al azar, sino que algunos puntos o áreas geográficas poseen características que los definen como sitios atractivos o generadores de delitos (Anselin, Griffiths & Tita, 2008).

Diversas investigaciones se centran en identificar aquellas zonas que presentan un alto número de delitos (*hot spots*), y/o aquellas con un bajo número de estos (*cold spots).* La identificación de los *hot spots* depende de la escala de interés y elementos de análisis que han sido seleccionados y que pueden abarcar desde las intersecciones de calles, las cuadras o manzanas, los barrios (o colonias) o al agrupamiento de colonias en los que se concentran los delitos (Eck, 2005). No obstante, las investigaciones sobre el tema lugar y delito se han centrado principalmente en los delitos cometidos a los hogares y a la población en general, prevaleciendo una escasez en aquellas dedicadas a los delitos cometidos en contra de las empresas (Mugellini, 2013) y particularmente en el caso de las micro-empresas.

Las microempresas son un segmento de la economía especialmente frágil a los impactos negativos de la delincuencia debido a que presentan una serie de condiciones que afectan su capacidad para hacer frente a eventos adversos, entre ellas, la falta de medidas de prevención y detección de actividad delictiva, por ejemplo, la ausencia de una cultura de aseguramiento (pago de primas de seguros); la disponibilidad de inventarios de mercancías, dinero en efectivo y otros activos en el mismo negocio. Lo anterior, está estrechamente

relacionado con una estructura organizacional débil, falta de liquidez y capital, pues la mayoría de los micro-negocios se originan con pequeñas inversiones (Bresner, M., s.f.; Perrone, 2000). Así, el análisis de los patrones espaciales del robo a micro-comercios en contra de las empresas, en ciudades con altas tasas de incidencia, representa un nicho de investigación pertinente que requiere ser abordado.

Este trabajo utiliza técnicas del AEDE para explorar el comportamiento del robo a micro-empresas por colonia en la ciudad de Mexicali, México. Los objetivos particulares incluyen identificar si la distribución espacial de los robos a comercio es aleatoria, e identificar los patrones espaciales, estadísticamente significativos, de este delito en la ciudad.

Metodología

Área de estudio

Mexicali, es una ciudad fronteriza del noroeste de México, capital del estado de Baja California, la cual colinda al norte con la ciudad de Calexico, California en Estados Unidos (Figura 1).

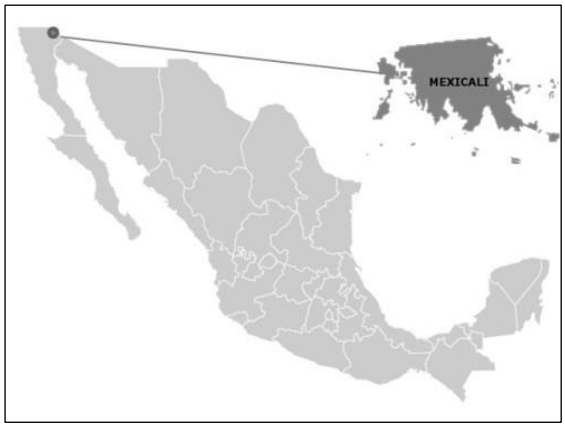

Figura 1. Localización del área de estudio. Fuente: Elaborado por autores.

Métodos y técnicas

Para este trabajo se construyó un Sistema de Información Geográfica que contiene principalmente las siguientes capas de información:

a) *Colonias,* corresponde a los polígonos que representan las colonias existentes en la ciudad de Mexicali en el año 2012 que fueron proporcionados por el Laboratorio de Geomática del Instituto de Investigaciones Sociales de la UABC.
b) *Robo a comercio,* incluye los datos sobre el número y localización de los robos a comercio (con y sin violencia) registrados en el año 2012. Los datos fueron obtenidos de la base de datos en internet de la Secretaría de Seguridad Pública de Baja California.
c) *Establecimientos comerciales*, corresponde a los datos relacionados con la ubicación y tamaño de las empresas dedicadas al comercio en la ciudad de Mexicali obtenidos del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE) (INEGI, 2009).

Para explorar el comportamiento espacial del robo a micro-comercios en el área seleccionada se utiliza el análisis exploratorio de datos espaciales (AEDE) que se define como "una colección de técnicas para describir y visualizar distribuciones espaciales, identificar localizaciones atípicas (*outliers*), descubrir patrones de asociación espacial (conglomerados o *clusters* espaciales), y sugerir diferentes regímenes espaciales y otras formas de inestabilidad espacial o formas de no estacionariedad espacial" (Anselin 1994 citado por Anselin, 1999: 258). En el AEDE, el concepto central es la autocorrelación espacial, es decir, el fenómeno donde la proximidad espacial de las observaciones coincide con valores similares de la variable explorada (correlación) (Anselin, 1999).

Para el AEDE se requirió la georreferenciación y agrupación por colonia del total de robos a comercio y de las empresas dedicadas al comercio. A partir de los datos georreferenciados se obtuvo: a) una descripción espacial primaria del delito a través de tres mapas temáticos que corresponden a la distribución de los robos a comercio (figura 2), la distribución de los micro-comercios (figura 3) y la tasa de robo a comercio por colonia (figura 4). Estos mapas fueron creados en MapInfo Profesional estableciendo los rangos para cada variable mediante la opción de rompimiento natural de los valores (*natural break*); y se calcularon los coeficientes de autocorrelación espacial global y local a través del Índice de Moran respectivo, calculados en GeoDa 1.4.6. (Anselin, 2013).

El Índice Global de Moran está basado en el producto cruzado de las desviaciones de la media y es calculado para *n* observaciones sobre una variable *x* localizadas en *i, j*, como se expresa en la ecuación 1:

$$I = \frac{n}{S_0} \frac{\sum_i \sum_j w_{ij}(x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_i (x_i - \bar{x})^2} \qquad \text{(Ecuación 1)}$$

Donde $\bar{x}$ es la media de la variable x, w_{ij} son los elementos de la matriz de pesos[3], y S_0 es la suma de los elementos de la matriz de pesos (ecuación 2):

$$S_0 = \sum_i \sum_j w_{ij} \qquad \text{(Ecuación 2)}$$

[3] Para el cálculo del índice de Moran, es necesario definir una matriz de distancias o contigüidad, esta matriz, también llamada matriz de pesos o contactos espaciales, refleja la intensidad de interdependencia entre cada par de puntos o regiones *i* y *j*. La matriz de pesos espaciales para este trabajo fue calculada por el método de distancia euclidiana a partir de los centroides de las colonias analizadas (con un rango de distancia de 2 km).

Los valores del Índice Global de Moran oscilan entre -1 y +1. La obtención de un valor de cero en este índice indica que los valores de la variable en estudio se distribuyen de forma aleatoria en el espacio; valores positivos indican autocorrelación espacial o la existencia de conglomerados (*clustering*) los cuales indican que en el espacio geográfico los valores altos de la variable en estudio están rodeados por valores altos (alto-alto o *high-high*) o viceversa (bajo-bajo o *low-low*); mientras la obtención de valores negativos sugieren *outliers* espaciales (localizaciones atípicas), es decir, los valores altos de una variable se encuentran rodeados por valores bajos, o viceversa (Anselin, 2005). Sin embargo, el Índice Global de Moran no indica la localización de los *cluster* ni su tipo como si lo hacen los denominados indicadores locales de asociación espacial o indicadores LISA (*Local Indicator of Spatial Association*, por sus siglas en inglés).

El LISA más comúnmente utilizado es el Índice de Moran Local. El Índice de Moran Local indica la presencia o ausencia de conglomerados espaciales significativos o valores atípicos para cada ubicación. El estadístico de prueba del contraste de asociación espacial local I_i de Moran (Anselin, 1995) se define como:

$$I_i = (x_i - \bar{x}) / m_2) \sum_j w_{ij}(x_j - \bar{x}) \qquad \text{(Ecuación 3)}$$

Donde m_2 es el segundo momento (varianza). La inferencia se basa en un enfoque de permutaciones condicionales (un valor es fijo y permutan los demás) (Anselin, Griffits y Tita, 2011). Los conglomerados espaciales que se muestran en un mapa de LISA sólo se refieren al centro o corazón del *cluster*, de tal modo, que un *cluster* es clasificado como tal cuando el valor en una localización (ya sea alta o baja) es más similar a sus vecinos (Anselin, 2005).

Resultados

Descripción espacial primaria del delito

Los robos a comercio ubicados geográficamente en la ciudad de Mexicali para el año 2012 fueron 2301, de los cuales el 46% fueron cometidos con violencia. La figura 2, muestra el mapa temático del número de robos a comercio por colonia, como se puede observar once colonias obtuvieron el nivel más alto de robos a comercio con un rango entre 42 y 103 robos en el año analizado, lo cual significa que en el dos por ciento del total de colonias en Mexicali ocurrió 26% de los robos totales. Adicionalmente, es importante mencionar que, en este grupo de once colonias, se cometieron 30% de los robos a comercios con violencia en ese año. Este mapa sugiere la concentración de robos a comercio en pocas colonias.

Figura 2. Estratificación de los robos a comercio por colonia en la ciudad de Mexicali 2012. Fuente: Elaborado por autores.

Para la descripción espacial primaria del robo a comercio también se generó un mapa temático de la distribución de los micro-comercios en la ciudad. Se localizaron un

total de 2781 microempresas. En la figura 3 se muestra los cinco estratos obtenidos, semejante a los resultados obtenidos en el número de robos, el 2% de las colonias presentan el nivel más alto de micro-comercios. Si comparamos este mapa con el anterior (figura 2) podemos identificar algunas colonias que coinciden con un nivel alto en ambas variables.

Figura 3. Estratificación de número de comercios por colonia en la ciudad de Mexicali 2012. Fuente: Elaborado por autores.

Para explorar la relación entre ambas variables (robo y microempresa) se generó el mapa temático que se muestra en la figura 4. En este mapa se observa que quince colonias presentaron entre 1.2 a 5.6 robos por micro-comercio y cinco colonias presentaron una tasa entre 5.6 y 15 robos por comercio en el año 2012. De tal manera que las empresas localizadas en estas colonias pudieron ser recurrentemente afectadas por robos en sus establecimientos en un lapso relativamente corto de tiempo afectando su capacidad de recuperación de este tipo de delitos, o bien los establecimientos en estas colonias presentan una mayor probabilidad de sufrir uno o varios robos que el resto de las colonias. En la

figura 4 se pueden identificar zonas con una tasa muy baja de robos como resultado de una combinación de niveles altos en el número de robos y en el número de micro-comercios, esto expresa una menor probabilidad para las empresas de sufrir este tipo de delitos.

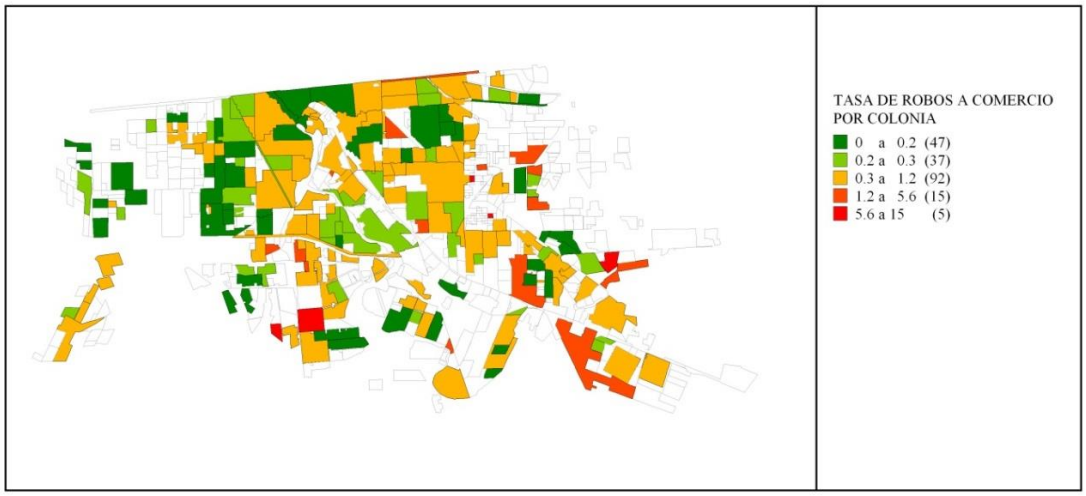

Figura 4. Tasa de robo a micro-comercio por colonia en la ciudad de Mexicali 2012. Fuente: Elaborado por autores.

Autocorrelación espacial global y local

La prueba de autocorrelación espacial para el robo a comercio de la ciudad de Mexicali mediante el Índice Global de Moran resultó en un coeficiente positivo de 0.06 (p> 0.001) lo que sugiere la presencia de *cluster* y nos permite rechazar la hipótesis nula de aleatoriedad espacial de este delito en la ciudad. El cálculo de la I de Moran Local arrojó el mapa que se presenta en el figura 5, aquí se pueden visualizar fácilmente los *hotspots y coldspots*, es decir, las áreas de concentración de delitos más alta, más baja y no significativa. La figura 6 muestra el mapa de significancia del LISA para el robo a comercio en Mexicali, con valores estadísticamente significativos (valor de p= 0.05 y p=0.01).

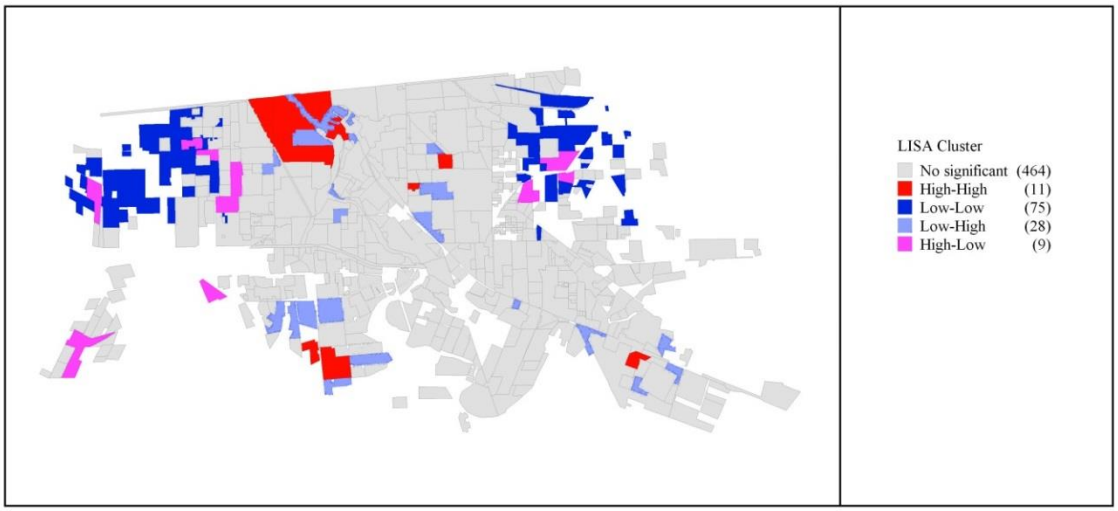

Figura 5. I de Moran Local para robo a comercio en Mexicali. Fuente: Fuente: Elaborado por autores.

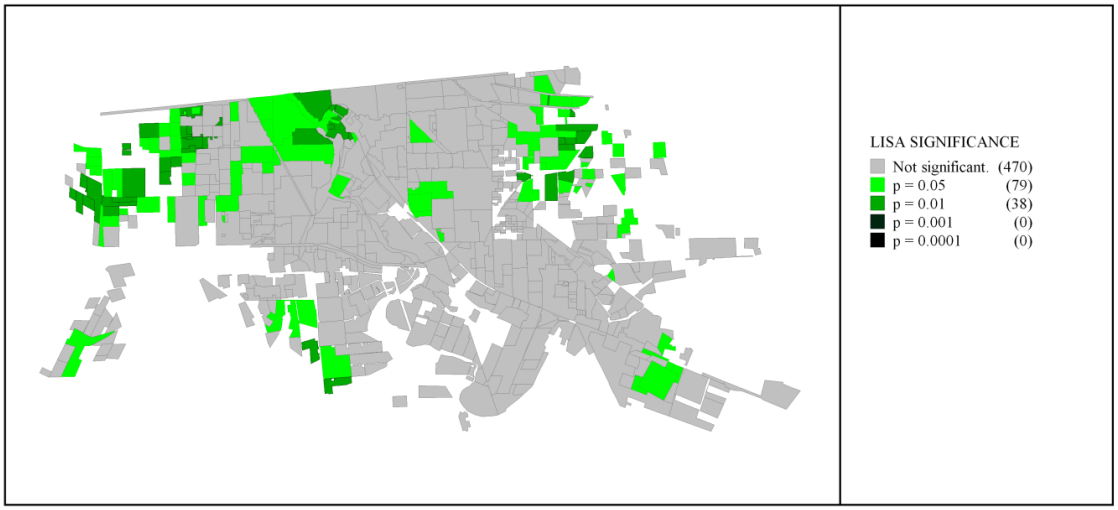

Figura 6. Mapa de significancia para la I de Moran Local de robo a comercio en Mexicali. Fuente: Elaborado por autores.

Los *clusters* identificados son ocho y representan dos patrones espaciales (figura 5). El primer patrón, los *coldspots* se caracteriza por *clusters* integrados por colonias con un

promedio bajo de incidencia de robo a comercio (*low-low)*. Con este patrón se identificaron tres *clusters* localizados al norte de la ciudad, dos al occidente y uno al oriente, estos *clusters* constituyen regiones de baja incidencia de robo a comercio que además contienen colonias con valores atípicos (*high-low*). Este patrón puede explicarse por colonias con un bajo número de micro-comercios o la ausencia de este tipo de establecimientos.

El segundo patrón corresponde a *clusters* integrados por colonias cuyo promedio de robos a comercio es alto, en general, este segundo patrón espacial corresponde a los *hotspots* de robo a comercio en la ciudad. Con este patrón se identifican cinco *clusters*, el primero, localizado en el centro histórico al norte de la ciudad donde se ubica la garita o puerta fronteriza con Estados Unidos, lo cual influye en un alto flujo de personas (deportados, comerciantes, población en general), el promedio de comercios de las colonias que integran este *cluster* es alto aunque la tasa de robo por comercio es baja. Las colonias que integran este *cluster* son la Primera Sección, Pueblo Nuevo, Santa Clara, Orizaba, Bella Vista y Esperanza.

Unas cuantas colonias al sur con rumbo al oriente se localizan dos *clusters* relativamente cercanos a un campus de la universidad pública estatal, las colonias que lo integran presentan una tasa de robo por comercio de nivel medio, las colonias identificadas como *high-high* son Vallarta y Profesores Estatales.

Los dos *clusters* restantes se localizan al suroeste y sureste de la ciudad, ambas son áreas con desarrollos habitacionales recientes con alta densidad de población, viviendas abandonadas, son colonias que presentaron un nivel medio en el promedio de comercios, y una tasa de robo a comercio de alta a muy alta, lo cual significa la presencia de colonias donde los comercios presentaron entre 1.2 a 15 robos en 2012. En esta situación se

encuentran la mayoría de las colonias que rodean a Monarcas Residencial, Villa Lomas Altas y Hacienda de Castilla.

En la figura 5 también se observa la presencia de *outliers*[4] en donde algunas colonias presentan niveles *high-low* y *low-high* de robo a comercio, son las colonias en color magenta y azul claro las cuales representan colonias atípicas de robo a comercio con relación a la mayoría de sus colonias vecinas. Es importante destacar la presencia de nueve colonias con valores *high-low* (color magenta) que presentan valores mayores en el número de robos a comercio que sus colonias vecinas, que en este caso es muy bajo, este comportamiento aislado del delito puede significar probables colonias con incremento en los niveles de incidencia de robo a comercio en años posteriores. Este tipo de patrón espacial individual presentan en el noreste de la ciudad las colonias Montecarlo, Hacienda Dorada y Villa Colonial; en el noroeste la colonias Nacionalista, Villa del Campo y Los Olivo; y finalmente, al suroeste el Poblado Progreso y Praderas del Sol.

Conclusiones

La limitante principal de este trabajo, al igual que cualquier estudio basado en estadísticas oficiales de delincuencia es la existencia de una cifra negra (delitos no denunciados), por tanto, los datos sólo pueden ser generalizados como robos a comercio documentados oficialmente, además la información disponible al respecto no establece el tamaño del negocio, no obstante, permite un acercamiento al fenómeno, pero, implica la necesidad en etapas posteriores del levantamiento de información en campo. También,

[4]Los *outliers* representan situaciones en las que el valor del atributo de una zona no es necesariamente extrema en el sentido distributivo, pero es extrema en términos de los valores de los atributos de las zonas adyacentes.

requiere de mejoras en el diseño e integración de la base de datos espaciales por parte de las agencias públicas involucradas en la generación de datos de este delito.

A pesar de lo anterior, los resultados obtenidos a través del análisis exploratorio de datos espaciales nos permitieron confirmar la hipótesis de que los valores del robo a comercio ocurridos en Mexicali durante 2012, no se distribuyen aleatoriamente en la ciudad sino que dependen de localizaciones específicas, además, a través del indicador de asociación espacial local utilizado se identificaron *hot spots* y *cold spots* estadísticamente significativos para este delito. El hecho de que el robo a comercio en Mexicali se encuentre concentrado en algunas zonas tiene importantes implicaciones en términos de prevención tanto para los empresarios como para las agencias encargadas de la seguridad pública en estas áreas de la ciudad.

Finalmente, el análisis exploratorio de datos espaciales abre un extenso abanico de posibilidades para indagar, en estudios posteriores, acerca de las variables o factores que influyen en el origen de los *hotspots* en la ciudad de Mexicali, lo que requiere la incorporación de capas de información geográfica como el tipo de uso de suelo actual, disponibilidad de equipamiento urbano, condiciones socioeconómicas de los habitantes, características de los comercios (tamaño, giro de negocio, empleados), flujo de personas y automóviles, entre otras variables y técnicas que permitan explicar si estos lugares son generadores o atractivos de robo a comercio. Los cambios en el tiempo también representan otra variable de interés para explicar las causas de la distribución espacial de este delito.

Referencias bibliográficas

Anselin, L. (1995). Local Indicators of spatial-LISA. Geographical Analysis, 27, 93-115.

Anselin, L., Griffiths, E. & Tita, G. (2011). Mapping crime and hot spots analysis. En Wortley, R. & Mazerolle, L (Eds.). *Environmental criminology and crime analysis* (pág. 97-114). New York: Routledge.

Anselin, L. (2013). GeoDa (1.4.6.) [Software para análisis exploratorio de datos espacial]. Arizona: GeoDa Center for Geospatial Analysis and Computation, Arizona State University.

Anselin, L. (2005). Exploring Spatial Data with GeoDaTM : A Workbook. Centre for Spatially Integrated Social Science. Recuperado el 20 de Julio de 2014 de, https://www.csiss.org/clearinghouse/GeoDa/geodaworkbook.pdf

Eck, J.E., Chainey, S.P., Cameron, J.G., Leitner, M. & Wilson, R.E. (2005) *Mapping Crime: Understanding Hot Spots*. USA: National Institute of Justice. Recuperado el 5 de julio de 2014 de, http://discovery.ucl.ac.uk/11291/1/11291.pdf

Gunaratna N., Liu Y. & Park J. Spatial Autocorrelation. Recuperado el 02 junio de 2014 de www.stat.purdue.edu/~bacraig/SCS/Spatial%20Correlation%20new.doc

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi) (2009). Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas. Inegi: México.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi) (2012). Encuesta Nacional de Victimización de Empresas. Inegi: México.

Anselin, L. (1999). Interactive techniques and exploratory spatial data analysis. En Longley, A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J. y Rhind, D. W. (Eds.) Geographical

Information Systems: Principles, Techniques, Management and Applications (Second Edition). New York: John Wiley & Sons.

Bresner, M. (s.f). The Impact of Crime on Business: A Model for Prevention, Detection & Remedy. *Journal of Management and Marketing Research.*

Muguellini, G. (2013) (Ed.) Measuring and analyzing crime against the private sector: International experiences and the Mexican practice. México: Inegi.

Perrone, S. (2000). Crimes against Small Business in Australia: A Preliminary Analysis. *Trends & Issues in crime and criminal justice.* Australian Institute of Criminology. No. 184

Secretaría de Seguridad Pública del Estado de Baja California (2014). Estadísticas de incidencia delictiva. Recuperado el 20 de abril de 2014 de, http://www.seguridadbc.gob.mx/contenidos/ESTADISTICAS.php

Secretariado Ejecutivo del Sistema Nacional de Seguridad Pública (2014). Incidencia delictiva. Recuperado el 12 de junio de 2014 de, http://www.secretariadoejecutivosnsp.gob.mx/es/SecretariadoEjecutivo/Incidencia_Delictiva