

Segregación socioespacial y accesibilidad al empleo en Ciudad Juárez, Chihuahua (2000-2004)

César M. Fuentes Flores^{*}

Vladimir Hernández Hernández^{**}

Resumen: en este artículo se analizó la relación espacial entre el índice de jerarquía socioespacial y el índice de accesibilidad a centros de empleo en Ciudad Juárez, Chihuahua, mediante el análisis exploratorio de datos espaciales, en dos etapas; en la primera se construyeron los índices mencionados y en la segunda se revisó su relación espacial, a través del mismo análisis, en específico de la autocorrelación espacial y el análisis con indicadores locales de asociación espacial. Para la construcción de los índices se usó información de los censos de población y vivienda y el económico por AGEB. El análisis espacial se llevó a cabo mediante el *software* Geoda. Los resultados probaron la relación espacial entre la segregación residencial y la accesibilidad a los centros de empleo, así como la identificación de agrupamientos homogéneos de AGEBS con un alto o bajo índice de jerarquía socioespacial y accesibilidad al empleo, que permiten identificar *clusters* de exclusión social.

^{*} Profesor-investigador de la Dirección Regional Noroeste de El Colegio de la Frontera Norte (COLEF), adscrito al Departamento de Estudios Urbanos y Medio Ambiente. Teléfono (656) 616 7490. Correo electrónico: cfuentes@colef.mx

^{**} Profesor-investigador de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ). Correo electrónico: vlahdez@gmail.com

Palabras clave: segregación socioespacial, accesibilidad al empleo, análisis exploratorio de datos espaciales, Ciudad Juárez, México.

Abstract: the aim of this article is to analyze the spatial relationship between the socio-spatial hierarchy index and the employment accessibility index in Ciudad Juarez, Chihuahua, through the use of spatial analysis methods. The methodology was developed in two stages: first, the socio-spatial hierarchy and employment accessibility indices were constructed; second, their spatial relationship was studied by analyzing spatial autocorrelation and local indicators of spatial association. The data used to construct the indices came from the Population and Housing Census (INEGI, 2000) and Economic Census (INEGI, 2004). Spatial analysis was carried out using the Geoda software, developed by the Geoda Center for Geospatial Analysis and Computation. The results prove the spatial relationship between residential segregation and access to employment centers, as well as the identification of homogeneous clusters of census tracts with a high or low level of socio-spatial hierarchy and access to employment, which helps identify clusters of social exclusion.

Key words: spatial segregation, access to employment, exploratory spatial data analysis, Ciudad Juarez, Mexico.

Introducción

El tema de la diferenciación socioeconómica del espacio urbano ha captado recientemente el interés de estudiosos de las ciudades (Aguilar y Mateos 2011, 6). En América Latina, la mayor parte de los trabajos sobre diferenciación ha usado métodos como el índice de disimilaridad (Duncan y Duncan 1955), el análisis de compo-

nentes principales (PCA, por sus siglas en inglés) y la regresión lineal, entre otros.

El desarrollo reciente de métodos nuevos del análisis espacial, tal como el análisis exploratorio de datos espaciales (AEDE), facilita esta tarea, al permitir la identificación de patrones de concentración (*clusters*) en el espacio, mediante indicadores como el índice o I de Morán, que mide la autocorrelación espacial (AE) y los indicadores locales de asociación espacial (ILAE), para evaluar el grado de agrupamiento. Dicho método contribuye a observar la diferenciación socioeconómica intraurbana, y facilita esta labor al permitir un análisis más amplio de la dimensión espacial de los procesos urbanos, ya que considera la ubicación del fenómeno (dónde ocurre) así como su distribución espacial (distancia). Además, facilita la visualización de las variables y también la exploración de cómo se relacionan en el espacio, qué tipo de distribución presentan (*clusters*, dispersión), y permiten generar modelos explicativos y estimar parámetros para hacer inferencias estadísticas sobre dicha distribución espacial (Sánchez 2006, 2).

La relación entre el índice de jerarquía socioespacial (IJSE) y el índice de accesibilidad al empleo (IAE) se probó mediante el sistema de información geográfica (SIG) y métodos estadísticos como las correlaciones y regresiones lineales. Sin embargo, la mayoría de los estudios con este enfoque sólo analizan las relaciones espaciales de las unidades de manera forzada, y no ponen a prueba la validez estadística de sus resultados (García 2011, 10). El estudio más profundo de la relación espacial entre segregación socioespacial y accesibilidad a centros de empleo se puede beneficiar del uso de los métodos de análisis espacial para responder a preguntas tales como: ¿existe relación espacial entre la segregación socioespacial y la accesibilidad a centros de empleo?, ¿es posible identificar *clusters* de exclusión social? En tal caso, ¿qué factores generan dichos *clusters*?, ¿tienen las variables explicativas de la segregación socioespacial el mismo costo de accesibilidad al empleo en toda la ciudad?, o ¿es posible identificar regiones en que una variable explicativa importa más que en otras áreas?

El objetivo de este artículo es analizar la relación espacial entre el IJSE y el de IAE, mediante el análisis exploratorio de datos espaciales

o AEDE en Ciudad Juárez, Chihuahua (2000-2004), y está dividido en cuatro secciones; la primera presenta el marco teórico de referencia sobre las medidas de la segregación urbana en sus dimensiones de localización y diferenciación, y de igual manera se discute la segregación por localización y su conexión con la accesibilidad como recurso urbano. La segunda describe la metodología usada para construir el IJSE y el IAE, así como las herramientas del AEDE, la AE y el análisis de cluster. La tercera presenta los resultados del AEDE de la relación entre segregación socioespacial y accesibilidad a centros de empleo y la cuarta las conclusiones.

Segregación residencial y sus medidas

En los estudios urbanos existe un consenso amplio de que la segregación socioespacial es la separación de grupos sociales, étnicos, religiosos o de otro tipo en el territorio, e indica el grado de desigualdad en su distribución en el espacio urbano (Martori et al. 2006, 32; Rodríguez y Arriagada 2004, 24). El centro de su discusión se fundamenta en su dimensión geográfica y sociológica; la primera señala que “las unidades espaciales se parecen pero las más cercanas son más semejantes. Así los grupos sociales se concentran en algunas áreas de acuerdo a condiciones económicas o étnicas haciendo que las zonas que ocupan tiendan a cierta homogeneidad al interior. La segunda se centra en la sociología urbana; el estudio de las causas y expresión de la concentración de los grupos sociales más vulnerables en algunas partes de la ciudad” (Pérez 2006, 156).

Los estudios sobre segregación residencial se dividen en dos corrientes de pensamiento; la segregación por diferenciación (Duncan y Duncan 1975, 57) y por localización (Phal 1988, 148). La primera se refiere a la distancia social y espacial de los grupos ocupacionales, y para su medición se elaboraron algunos indicadores como el índice de disimilitud (Duncan y Duncan 1975, 58) y el de exposición/aislamiento. Desde esta dimensión se realizaron estudios en América Latina, que evidencian fuertes desigualdades de ingresos o el nivel socioeconómico, que surgen como el elemento más característico

de la estructura social (Aguilar y Mateos 2011, 7). En este sentido se identificaron tres medidas principales de la segregación: a) la proximidad física entre los espacios residenciales ocupados por distintos grupos sociales, b) la homogeneidad social interna de las divisiones territoriales en que se puede estructurar el espacio urbano y c) la concentración de grupos sociales en zonas específicas de la ciudad (Sabatini 2003, 23; Rodríguez y Arriagada 2004, 8). Los cambios principales en el patrón de la segregación residencial están relacionados con su transformación de una ciudad relativamente compacta, asociada con el modelo tradicional de segregación residencial, a una más dispersa, donde los nuevos grupos más pobres se establecieron en una periferia lejana dentro del área rural (Sabatini et al. 2001, 23; Janoschka 2002, 12; Borsdorf 2003, 34; Sabatini 2003, 32; Sabatini y Cáceres 2004, 5; Aguilar y Mateos 2011, 18).

En el nuevo modelo destacan tres cambios principales en las ciudades de América Latina: “i) el desarrollo urbano ha cambiado la escala geográfica de la segregación urbana; ii) la dispersión de las infraestructuras y las funciones urbanas en el espacio; iii) la aparición de barrios cerrados como modelo favorecido por los promotores inmobiliarios y clases altas” (Aguilar y Mateos 2012, 9).

Por su parte, la segregación residencial por localización se define como una condición de exclusión social y espacial, respecto de las ventajas urbanas (Phal 1988, 148). El planteamiento se concentra en resaltar el efecto redistributivo del ingreso sobre los individuos y la localización de los recursos urbanos, que se pueden entender como subcentros de empleo, lugares de esparcimiento, escuelas, centros culturales, etcétera, los que son escasos y su distribución en una urbe no es aleatoria, por lo que la disputa por la localización óptima de vivienda produce perdedores o, en otros términos, grupos segregados respecto a estos recursos (Alegría 2004, 157). En este enfoque se han desarrollado algunas medidas tales como índices de accesibilidad a subcentros de empleo, entre otros.

Medidas de la segregación urbana

Los estudios pioneros sobre medidas de segregación, que introdujeron el espacio, fueron los que sugirieron alternativas a las dimen-

siones de la segregación residencial (Reardon y O'Sullivan 2004, 132). Los índices de segregación miden qué tan concentrados están los grupos y qué tan homogéneas son las áreas. Algunos autores los clasifican en cinco indicadores: de igualdad, de exposición, de agrupamiento, de concentración y de centralización (Massey y Denton 1988, 282). La igualdad se refiere a la dimensión de la distribución diferencial de los grupos de población, qué tan diferentes son entre sí; el de exposición incluye el contacto potencial entre ellos, interacciones con los vecinos; el de agrupamiento se refiere al grado en que los miembros de un determinado grupo viven de manera desproporcionada en zonas contiguas; el de centralización mide el grado en el que un grupo vive cerca del centro urbano y el de concentración indica la cantidad relativa del espacio físico ocupado (Reardon y O'Sullivan 2004, 124; Feitosa et al. 2007, 302).

Una segunda generación de índices, que buscaron incorporar las relaciones espaciales en el estudio de la segregación, fueron los desarrollados por Reardon y O'Sullivan (2004), quienes desdoblaron dos dimensiones conceptuales al estudio de la segregación residencial: la exposición espacial (o aislamiento) y la uniformidad espacial (o agrupación). En estos trabajos se incorporaron pruebas como el I de Morán general, aunque no fueron significativas. Los avances mostrados por estos índices corresponden con una mayor complejidad en su cálculo, y podrían catalogarse como no espaciales. Entonces, ¿será posible estimar un índice espacial? Una respuesta es el AEDE, al obtener estadísticos locales y globales del I de Morán -la AE-, que ayudan para explicar las relaciones entre individuos localizados en un lugar con los establecidos en otro (García 2011, 16).

Las publicaciones que contemplan el uso explícito de procedimientos de análisis espacial para el estudio de la segregación urbana son escasas, y también son pocas las producciones que vinculan la accesibilidad urbana como un elemento más que puede ser considerado al momento de estudiar la segregación socioespacial y la fragmentación. Entre las primeras se puede mencionar los recientes trabajos de Linares (2008), sobre ciudades intermedias argentinas; a Groisman y Suárez (2006), acerca de la segregación residencial en Buenos Aires; Kaztman y Retamoso (2007), con la segregación educativa en Montevideo y Martori et al. (2006), para Barcelona.

Todos recurren a la autocorrelación espacial –por ejemplo, los coeficientes habituales de correlación– como medida para mensurar la fragmentación en sus áreas de estudio, dejando de lado técnicas cuantitativas no espaciales.

En el caso mexicano, Aguilar y Mateos (2011) implementaron una metodología de la clasificación geodemográfica para clasificar zonas residenciales de la ciudad, y mediante el análisis de *clusters* se clasifican las zonas en *clusters* según su cercanía con las variables seleccionadas. De igual manera, García (2011), mediante los SIG y AEDE busca probar la relación espacial del IJSE en el caso de Ciudad Juárez, Chihuahua. Por su parte, Rodríguez (2009), mediante la aplicación de métodos de análisis espacial, en específico el exploratorio y el de econometría espacial, identificó los subcentros de empleo en Hermosillo, Sonora.

Metodología

Para el análisis de datos georeferenciados es necesario el uso de los SIG ArcView, de gran utilidad para analizar índices y variables en el espacio. La georeferenciación se realizó en las unidades de observación más pequeñas existentes en México, denominadas AGEB,¹ para Ciudad Juárez se analizaron 559 de ellas. El uso de la AGEB minimiza el efecto conocido como problema de la unidad espacial modificable, en el cual, en la medida en que las unidades espaciales se agrupan para formar otras de mayor tamaño, las correlaciones entre las variables estudiadas tienden a aumentar debido al promedio de los datos que se realiza al pasar de una escala a otra (Openshaw 1984).

La relación entre segregación socioespacial y accesibilidad a centros de empleo en Ciudad Juárez se abordó mediante la aplicación de métodos de análisis espacial, en específico el AEDE. Los índices se georeferenciaron con el objetivo de realizar el ejercicio de AE y luego el análisis de *clusters*. El primero sirve para establecer si los ín-

¹ Un área geoestadística básica o AGEB es la unidad mínima de información estadística que agrupa entre 20 y 30 manzanas, y tiene la particularidad de no estar dividida por calles o algún accidente geográfico.

dices propuestos están correlacionados espacialmente y el segundo los integra, para después georeferenciar los agrupamientos de las variables (Celemín 2012, 22).

Elaboración de los índices

a) Índice de jerarquía socioespacial

La metodología para la construcción del IJSE fue tomada de Alegría (1993); primero se calcularon los componentes principales que representaran el mejor arreglo de variables, a través del análisis factorial. El valor de estas correlaciones representa el peso (factor de ponderación) de cada variable en el componente, y éste el factor de ponderación para estimar la localización jerárquica por cada AGEB. donde:

$$IS = \sum_{m=1}^N FP \frac{X_{ij} - \bar{X}}{\delta}$$

IS_j = índice de pobreza y riqueza de cada AGEB

FP_j = factor de ponderación de la variable I, que viene del análisis factorial

X_{ij} = valor de la variable i en el AGEB j

\bar{X} = media urbana de la variable i

δ = desviación estándar de la variable i

El análisis de componentes principales fue la principal metodología aplicada para estimar el IJSE en un AGEB. En la figura 1 se muestran las variables incluidas en la construcción del índice, así como sus estadísticos.

Los estadísticos del PCA muestran que en el índice de pobreza la formación de los tres primeros componentes explica 88.1 por ciento de la varianza, y 99.9 en el caso del índice de riqueza. De acuerdo con el método se crean, de manera separada, los índices de pobreza (variables 1 a 7) y riqueza (variables 8 a 14) por AGEB en Ciudad Juárez, para conformar un solo índice, el IJSE (fórmula 1) y, para mantener un solo IJSE el índice de pobreza se multiplica por -1,

Figura 1

Estadísticos de las variables seleccionadas para la construcción de los índices de pobreza y riqueza (2000)

Estadísticos y variables de pobreza	Media	Mediana	Mínima	Máxima	Desviación estándar
Población ocupada con ingresos menores a 1 SMM*	25	21	0	787	39
Población desocupada	9	7	0	49	7
Población de peones o jornaleros	10	7	0	170	13
Población de 6 a 14 años, que no asiste a la escuela	35	27	0	154	32
Población de 15 años y más, analfabeta	59	47	0	343	51
Población de 15 años y más, sin estudios posteriores a la primaria	696	601	0	2829	538
Población de menos de 60 años	2397	2170	0	9500	1670
Variables de riqueza					
Población con ingresos menores a 5 SMM*	740	657	0	3162	551
Población económicamente activa ocupada	1001	909	0	3971	706
Población económicamente activa, que es patrón o empresario	115	103	0	677	88
Población de 6 a 14 años, que sí asiste a la escuela	35	28	0	185	32
Población de 15 años y más, alfabeta	1577	1479	0	5684	1084
Población de 15 años y más, con estudios posteriores a la primaria	896	757	0	4478	726
Población de más de 60 años	2404	2171	0	9500	1673

* Salario mínimo mensual.

Fuente: elaboración propia, con datos del XII Censo de población y vivienda (INEGI 2000).

y finalmente se calcula la media aritmética para el nuevo índice. Los valores resultantes determinarán la posición jerárquica de cada AGEB.

Fórmula 1

Índice de pobreza

$$IJS = ((-1)(ISj(POBREZA))) + ISj(RIQUEZA) / 2$$

b) Índice de accesibilidad a centros de empleo

Los trabajos seminales de Harris (1954) y Hansen (1959) proveen los fundamentos para modelar la accesibilidad. De hecho, la metodología empleada en Levinson (1998), Shen (2000), Wang (2000), Alegría (1994) y Fuentes (2009), entre otros, comparten conexiones con esos trabajos. Sin embargo, cuando se estudia el tiempo de traslado del viaje al centro laboral es apropiado construir el índice de accesibilidad, basado en el modelo gravitacional, propuesto por Huff's (1963); su planteamiento parte de que la probabilidad o la proporción de trabajadores residentes en el AGEB i que se trasladan al AGEB j , está determinada por la influencia de los empleos en la AGEB j dentro de la atracción que ejerce el resto de los empleos de la ciudad.

$$P_{ij} = \frac{E_j / d_{ij}^\beta}{\sum_{j=1}^n (E_j / d_{ij}^\beta)}$$

donde

E = número de empleos en el AGEB

β = fricción causada por la distancia y

n = número total de AGEBS.

Si se sigue una práctica común en los modelos gravitacionales, d_{ij} es la distancia euclidiana o recta entre dos AGEBS. La accesibilidad al empleo (AE) para los residentes de la AGEB i , es su distancia promedio a todos los empleos de la ciudad:

$$AE = \sum_{j=1}^n P_{ij} d_{ij}$$

Este índice también puede interpretarse como el predictor de la distancia promedio del traslado, la cual se mide como qué tan lejos se localizan los residentes de la actual distribución de empleos.

Como en cualquier otro modelo de base gravitacional, la decisión de β es crítica para su comportamiento. En la medida que β se

incrementa (la distancia importa más), los trabajadores buscarán empleos más cercanos y el valor de AE disminuye.

La variable número de empleos en el AGEB se construyó con la inclusión del empleo industrial, comercial y de servicios (INEGI 2004). Una importante omisión de los censos utilizados en materia de empleo urbano lo constituyen los trabajadores de la construcción. Además, hay que aclarar que la información censal sólo reporta los datos del empleo generado por el sector privado.

La fricción de la distancia β tomó el valor de $\beta = 1$. Una vez identificadas las AGEBS, se obtuvo el centroide de cada una de ellas, con el auxilio de las herramientas del programa ArcView (XTools extension-convert shapes to centroids). La identificación del centroide en cada AGEB se realiza bajo el supuesto de que todos los empleos se localizan en el área central de cada AGEB. La medición de distancias se obtuvo con un sistema de información geográfica ArcView GIS 3.2, después una matriz de distancias, mediante la extensión Distance Matriz v.3.1 de ArcView, que permite obtener la distancia lineal entre cada barrio con respecto a todos los demás, incluida la de sí mismo.

Con base en la matriz de distancias, elaborada para el indicador anterior, se construyó una nueva con la cantidad de empleos contenidos en cada AGEB, donde los renglones y columnas representan las AGEBS. El total de empleos se repitió en cada columna, con el propósito de dividir el número de trabajadores en cada AGEB entre la distancia que separa al AGEB i del AGEB j , correspondiente en una determinada columna respecto a las AGEBS ubicadas en cada renglón, y sumar verticalmente esos resultados para obtener una cifra que representaría el nivel de accesibilidad de esa AGEB a todos los centros de empleo en la ciudad.

Análisis exploratorio de datos espaciales

El AEDE está conformado por métodos que permiten describir y visualizar distribuciones espaciales, y son de gran ayuda en la identificación de valores atípicos y en la revelación de patrones de asociación espacial, a través de la estimación de clusters o puntos de acumulación o hot spots (Anselin 2005, 23).

a) Autocorrelación espacial

La importancia de la detección de la AE se ha subestimado por la mayoría de los estudios regionales y urbanos. Todavía más apremiante es cuando este “efecto espacial” podría invalidar los resultados de otras pruebas o modificar el diseño de investigaciones donde la variable espacio está explícitamente considerada (Ibid. 1992, 23). El análisis estadístico de la AE distingue entre los agrupamientos globales y locales; en el primer caso se trata de un cálculo cuyo resultado es un valor que no necesita de una representación visual. En contraste, la AE local calcula los valores entre unidades adyacentes, es decir, los “vecinos que se parecen más entre sí”. Ambos comparten la función de asignar una medida con valor estadístico para identificar agrupamientos -positivos o negativos- (Ibid. 2005, 34).

Las principales pruebas estadísticas para detectar la autocorrelación espacial son: I de Morán (empleada en los residuales de la regresión); la prueba de Cliff y Ord, basada en el principio de los multiplicadores de Langrange y la de Kelejian y Robinson, pero en los tres casos la hipótesis nula es la ausencia de dependencia espacial (Anselin y Hudak 1992, 517).

En este trabajo se emplea el I de Morán, que es muy similar al coeficiente de correlación de Pearson, aunque difieren en algunos aspectos. La diferencia más significativa consiste en la incorporación de una matriz de pesos espaciales, que determina el grado de asociación entre las observaciones. La similitud entre ambos cálculos es el valor de la interpretación, comparten el recorrido entre -1 y +1, donde el primer valor significa una dispersión perfecta de los valores (autocorrelación negativa perfecta) y el segundo una concentración perfecta (autocorrelación positiva perfecta). El coeficiente I de Morán se valida con una prueba de significancia estadística, bajo el supuesto de una distribución normal: valores Z. El I de Moran es expresado (Anselin 1993), en notación matricial como:

$$I = \frac{n}{\sum_{i=1}^{i=n} \sum_{j=1}^{j=n} W_{ij}} * \frac{\sum_{i=1}^{i=n} \sum_{j=1}^{j=n} W_{ij} (x_i - \bar{x}) (x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^{i=n} (x_i - \bar{x})^2}$$

donde:

n = total de las unidades en el mapa

W_{ij} = matriz de distancias que define si las unidades (i, j) son vecinas.

Geoda es el programa gratuito usado para realizar la autocorrelación espacial, elaborado por el Geoda Center for Geospatial Analysis and Computation, de la Universidad Estatal de Arizona. Dicho programa proporciona indicadores globales espaciales y locales, que permiten concluir la existencia de un patrón espacial, el tipo y su posible localización.

b) Indicadores locales de asociación espacial

Los ILAE permiten la descomposición de los indicadores globales como el I de Morán, para la contribución de cada indicador de manera individual. Éstos podrán combinar dos interpretaciones importantes; el primero evaluará el grado de agrupamiento espacial local alrededor de una localización individual, y el segundo indicará la presencia de no estacionalidad espacial y sugerirá la presencia de puntos atípicos o de regímenes espaciales. Es decir, mediante los indicadores locales se podrá saber si hay una relación espacial de la variable utilizada poniendo a prueba la hipótesis de una distribución aleatoria espacial de los datos y, a su vez, se conocerá el tipo de asociación espacial que tienen, en el caso de que exista.

Los indicadores de asociación espacial (Ibid. 1995, 95) se expresan formalmente con la ecuación:

$$L_i = f(y_i - y_{ji})$$

donde: f es una función; y_i son los valores observados en la unidad espacial ji . A partir de la expresión anterior es posible inferir el valor estadístico de los patrones de asociación espacial, operacionalizando la siguiente expresión:

$$Prob [L_i > \delta_i] \leq \alpha_i$$

donde: δ_i es un valor crítico y α_i es el cambio significativo o nivel de pseudo-significancia, por ejemplo el resultado de una prueba de azar. Mientras el indicador global se expresa:

$$\sum_i L_i = \gamma \wedge$$

donde: \wedge es el indicador global de asociación espacial; γ es un factor de escala, es decir, la suma de los indicadores locales es proporcional al indicador global.

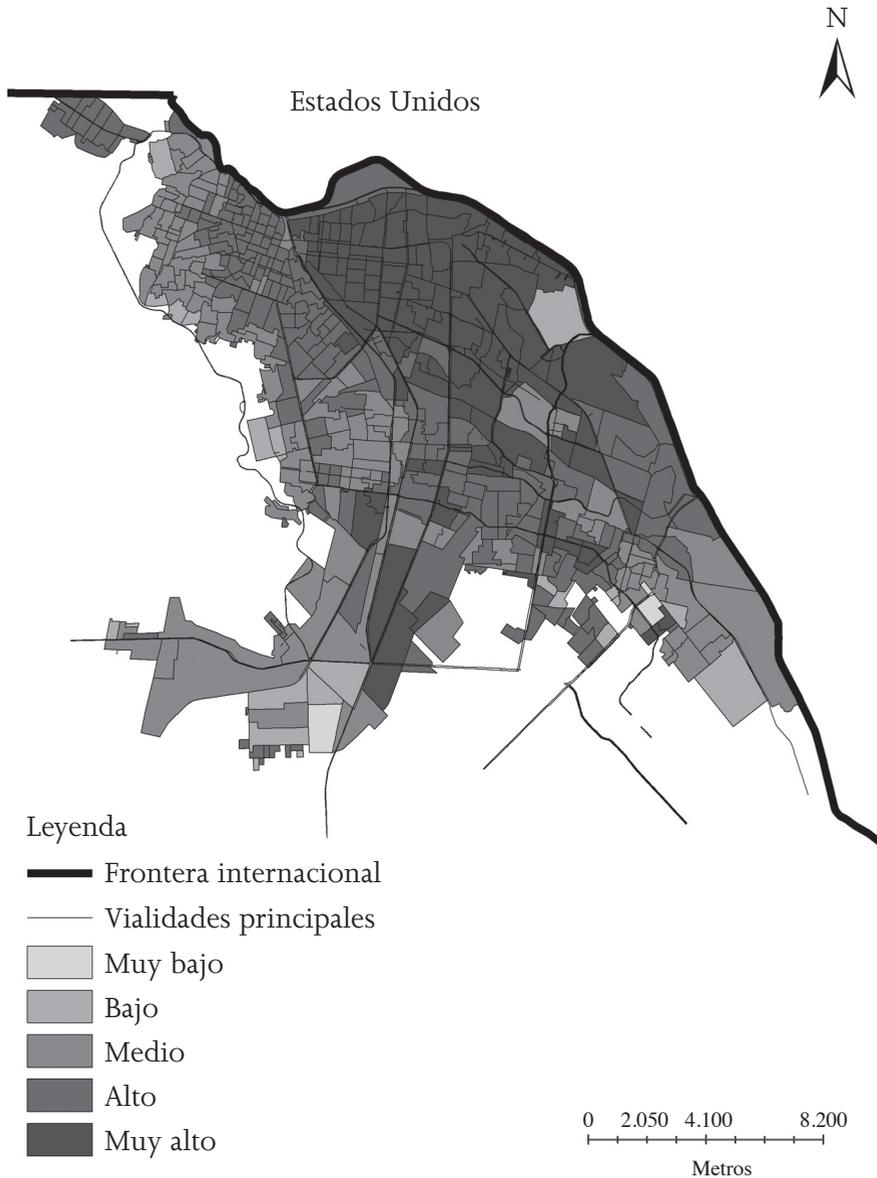
Resultados

El análisis empírico de la relación entre los índices de jerarquía socioespacial y de accesibilidad a centros de empleo provee algunos elementos para evaluar el impacto que tiene su localización en el espacio sobre las condiciones de vida de la población (Celemín y Velázquez 2011). El IJSE para Ciudad Juárez muestra un patrón de distribución espacial definido. Los resultados del índice se agruparon en cinco categorías, que permiten observar el proceso de fragmentación socioeconómica que se manifiesta en el territorio. La vía del ferrocarril funciona como una división socioeconómica de la ciudad, y a partir de ésta hacia la periferia del poniente la disminución del índice se hace evidente, y a partir de las vías hacia el nororiente el índice tiene sus valores más altos (véase figura 2). La parte central presenta rangos de bajo a medio, como resultado del proceso de deterioro, las nuevas zonas comerciales y residenciales se desplazaron hacia el nororiente en donde dominan los fraccionamientos cerrados y centros comerciales, producto del crecimiento de la ciudad en esa dirección.

La localización espacial de los sectores de medianos y altos ingresos en el nororiente, cerca de los puertos fronterizos, refleja el modelo de estructura urbana de las ciudades de la frontera propuesto por Arreola y Curtis (1993, 68), en el que tales sectores se ubican entre el distrito central de negocios y los puertos internacionales

Figura 2

Índice de jerarquía socioespacial para Ciudad Juárez, Chihuahua (2000)

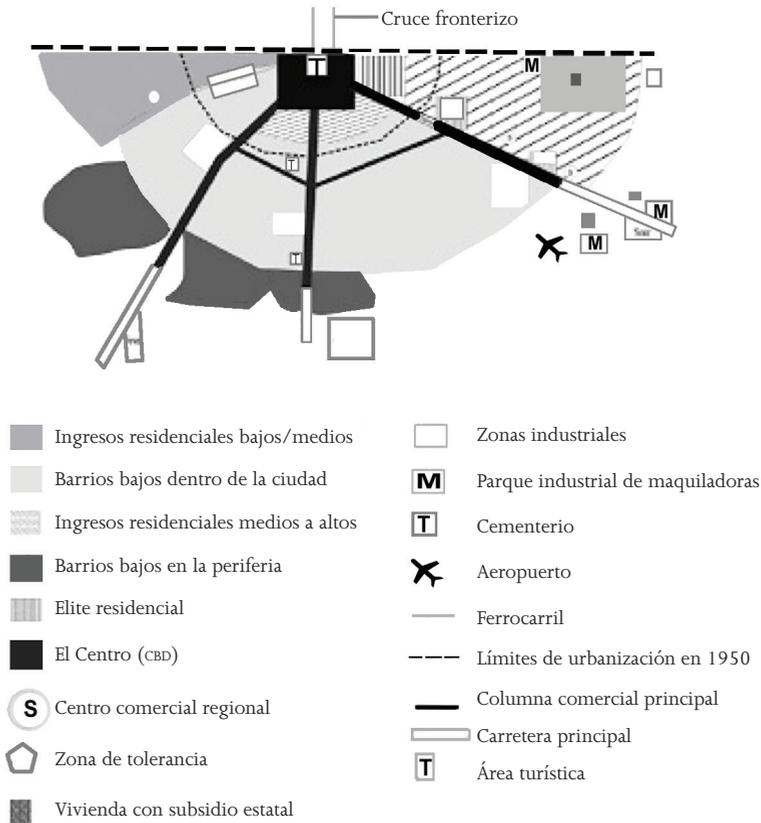


Fuente: elaboración propia, con datos del XII Censo de población y vivienda (INEGI 2000).

del nororiente. De igual manera, de dicho distrito hacia la periferia poniente los valores del índice disminuyen, los más bajos se concentran hacia la periferia del poniente (véase figura 3).

Figura 3

Modelo de estructura urbana de la ciudad fronteriza



Fuente: Arreola y Curtis (1993).

Los resultados reflejan las nuevas tendencias en la reestructuración socioespacial del espacio urbano en las ciudades latinoamericanas, caracterizado por un patrón más disperso, en donde la liberalización de los mercados del suelo ha expulsado a los sectores de menores ingresos hacia la periferia (Aguilar y Mateos 2011, 12).

En este sentido, la fragmentación socioeconómica es más nítida y la representación territorial se torna patente.

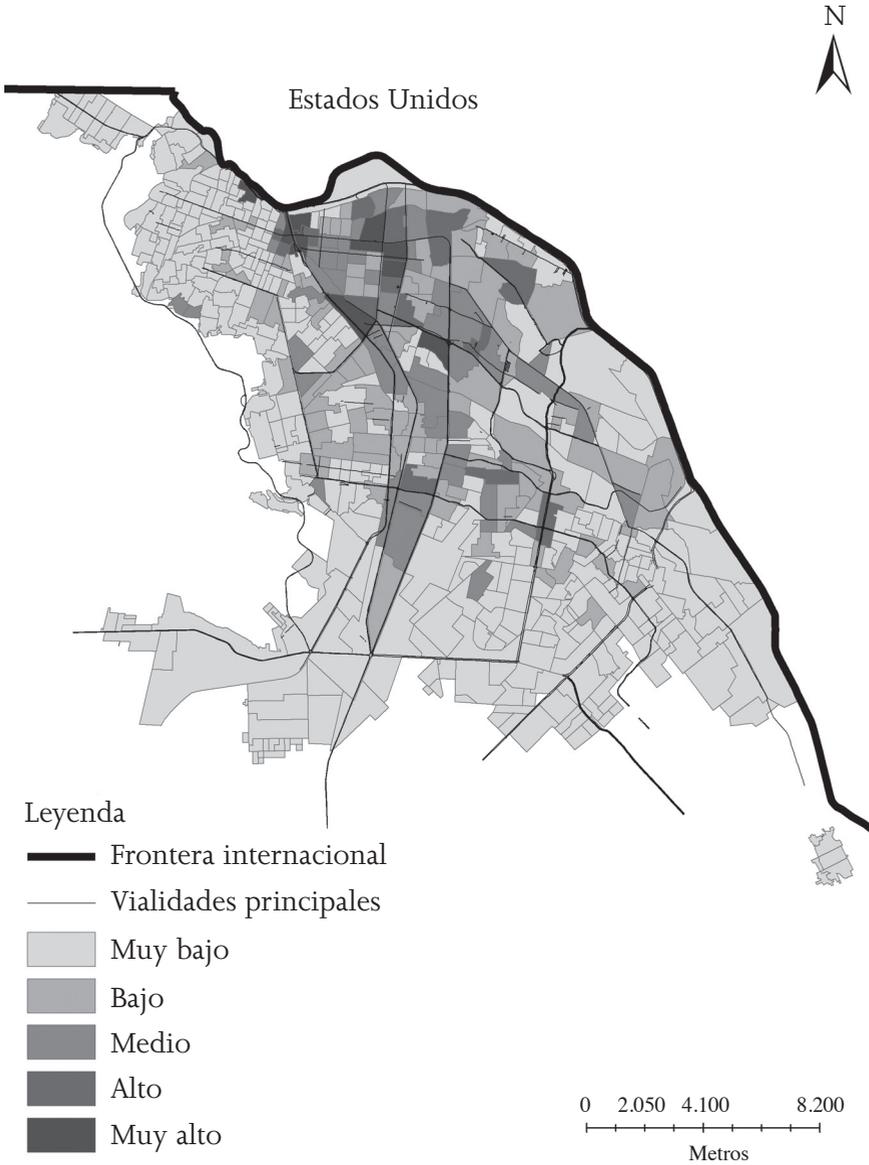
En general, el patrón espacial del IAE es similar a la distribución del IJSE, aunque el primero está más concentrado en el norponiente (véase figura 4). Los resultados muestran cinco agrupamientos que permiten observar cómo el índice de accesibilidad disminuye hacia la periferia de la ciudad, donde se concentran los grupos de menor ingreso. El centro histórico y el nororiente son las zonas de mayor accesibilidad al empleo, en donde se ubican los principales centros de empleo y por ello el suelo cuesta más. En contraste, los agrupamientos de las zonas de baja y muy baja accesibilidad están localizados en los extremos de la ciudad.

En la literatura reciente sobre segregación residencial se ha señalado que las ciudades latinoamericanas, a partir de la década de los años ochenta, han experimentado diversos impactos en su estructura urbana, producto de la liberalización económica. En Ciudad Juárez, la llegada de importantes montos de inversión extranjera directa en la industria maquiladora generó una mayor competencia entre los parques industriales, la población y otras actividades económicas por localizarse sobre las principales vialidades que comunican a los puertos internacionales. Dicha competencia se tradujo en el incremento del valor del suelo, que dejó a amplios sectores de la población de medianos y bajos ingresos sin acceso a suelo cerca de los mayores centros de empleo. Lo anterior plantea un patrón de desplazamientos inequitativo; a los sectores de menores ingresos les cuesta más trasladarse a sus centros de empleo, y lo hacen en más tiempo.

La comparación entre ambos índices se realizó mediante el análisis de autocorrelación bivariada, en el cual el IJSE se colocó en el eje de las "x" y el IAE en el de las "y". De acuerdo con los resultados, el valor del I de Morán es de 0.3415, que se diferencia del valor esperado si la configuración hubiese sido aleatoria $E[1]$: -0.0021 con un pseudo *p-value* de 0.001000, esto es, que la probabilidad de que el resultado sea consecuencia del azar es muy baja. De lo anterior se puede señalar la fuerte polarización que presenta la estructura urbana, al mostrar que las personas que se encuentran en un mejor contexto socioeconómico son las mismas que tienen una mayor accesibilidad a centros de empleos.

Figura 4

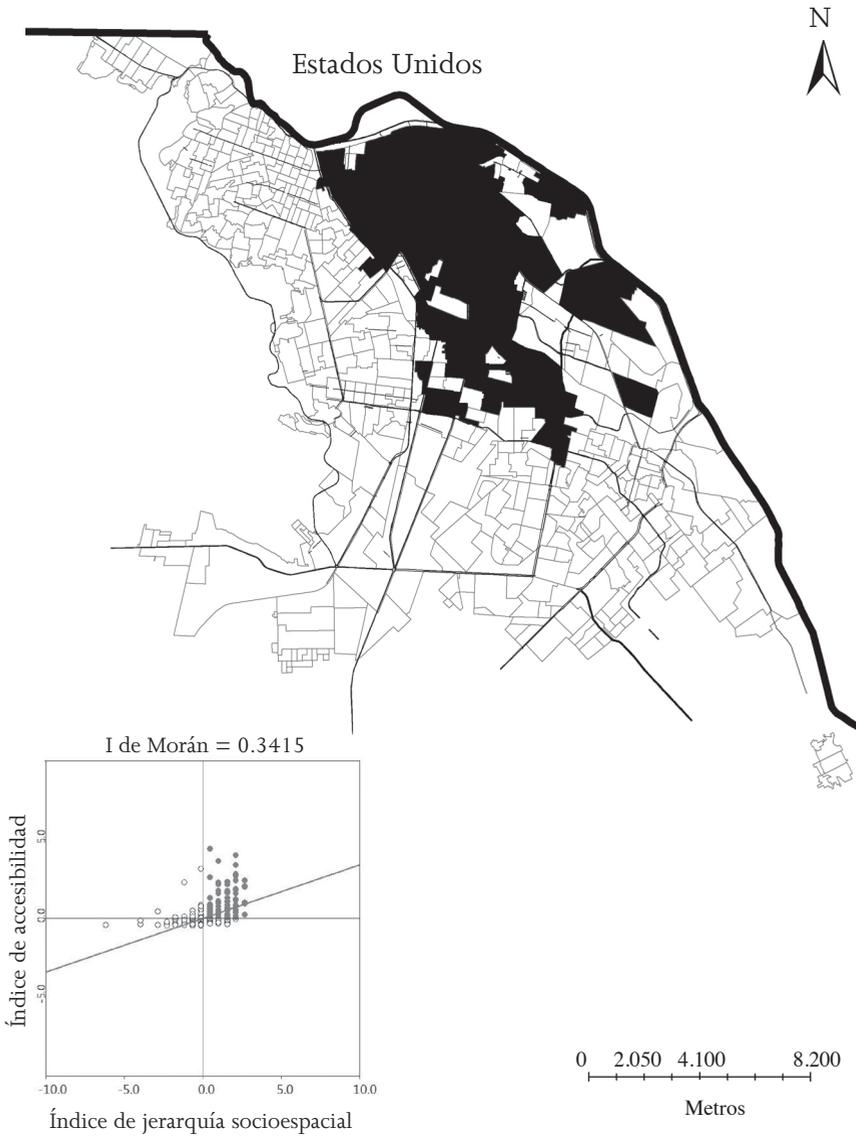
Índice de accesibilidad al empleo en Ciudad Juárez, Chihuahua
(2004)



Fuente: elaboración propia, con datos del Censo económico (INEGI 2004).

Figura 5

Autocorrelación espacial bivariada para Ciudad Juárez, Chihuahua (2000) (cuadrante I)



Fuente: elaboración propia, con base en información del INEGI (2000; 2004).

La información del I de Morán desagregada se presentará por cuadrante para facilitar su ubicación espacial. El cuadrante I² (alto IJSE, alto IAE) concentra 19.5 por ciento de la población; la distribución de 17 por ciento de las AGEBS es similar a las que mostraron altos índices de jerarquía socioespacial y accesibilidad al empleo. Es decir, el agrupamiento de AGEBS se localiza a partir de las vías del ferrocarril hacia el oriente, y ocupa una zona amplia (véase figura 5).

En contraste, el cuadrante III (bajo IJSE, bajo IAE) abarca 58.3 por ciento de la población, más de la mitad de las AGEBS estudiadas (63 por ciento), se extiende a lo largo de las áreas periféricas, que van desde norponiente hasta el suroriente (véase figura 6). El III registra una menor variación entre sus valores que el I, al existir una menor distancia entre las observaciones, además de agrupar a las AGEBS con bajos niveles del IJSE y del IAE.

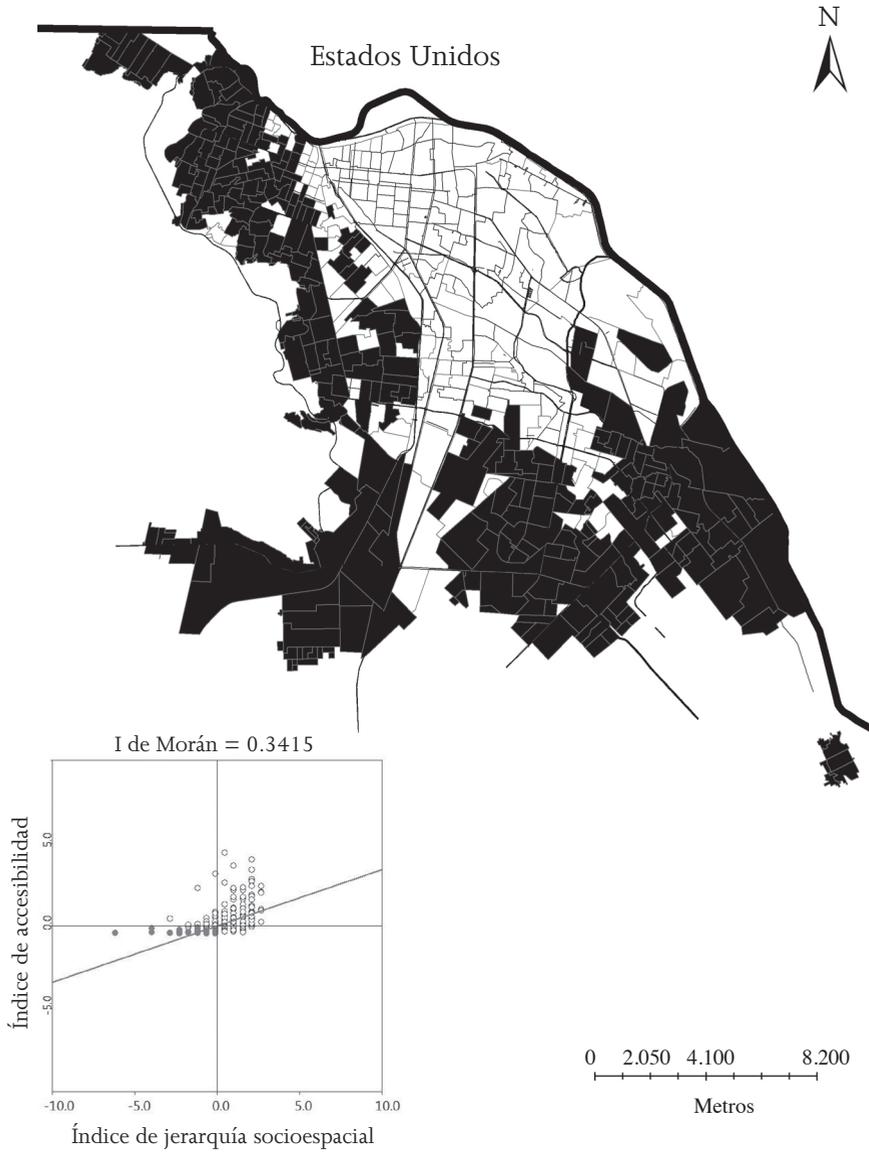
Los cuadrantes II y IV se caracterizan por valores positivos y negativos (-,+ ; +,-); abarcan casi una cuarta parte de la población de la ciudad. La figura 7 ilustra la autocorrelación espacial bivariada para el cuadrante II (alto IJSE, bajo IAE), que agrupa a 50 AGEBS y representa 9 por ciento de la población. El agrupamiento de AGEBS no muestra un patrón definido, no obstante, las AGEBS y sur de la periferia, que se encuentran en esta parte, corresponden a zonas de crecimiento poblacional hacia el sur, en donde se establecieron fraccionamientos cerrados.

El cuadrante IV (bajo IJSE, alto IAE) al igual que el II no muestra un patrón definido, pero agrupa a las AGEBS que concentran algunos parques industriales pequeños que se localizaron cerca de las colonias para población de bajos ingresos. En general, la observación de la distribución de estos cuadrantes destaca el contraste con los grupos I y III (concentración) mientras en los II y IV los valores espacialmente autocorrelacionados parecen más dispersos. Esto se puede interpretar como una existencia de segregación muy marcada, puesto que la mayoría de las AGEBS son vecinas de otras con características similares.

² El cuadro inferior izquierdo de cada figura menciona el valor global de la autocorrelación, resalta la correspondencia entre la localización en el mapa y su acomodo en el gráfico de Morán.

Figura 6

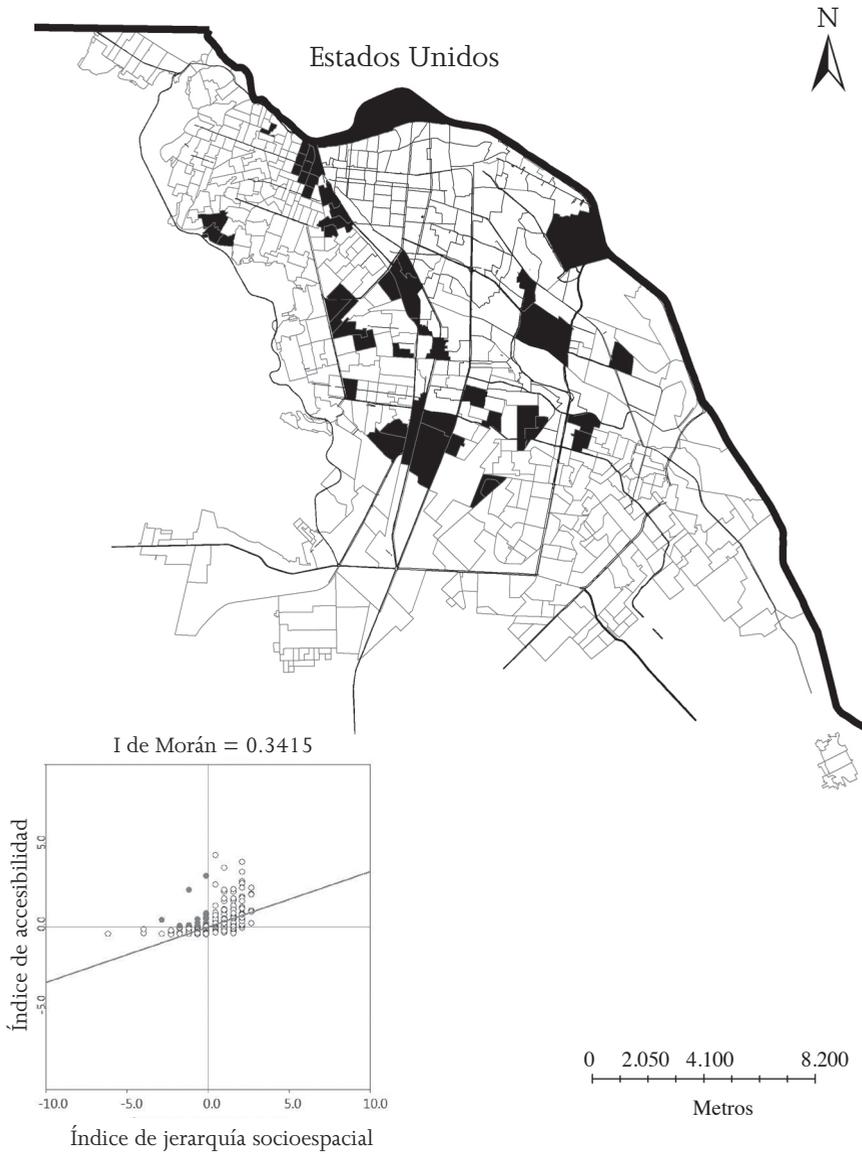
Autocorrelación bivariada para Ciudad Juárez, Chihuahua (2000)
(cuadrante III)



Fuente: elaboración propia, con datos del INEGI (2000; 2004).

Figura 7

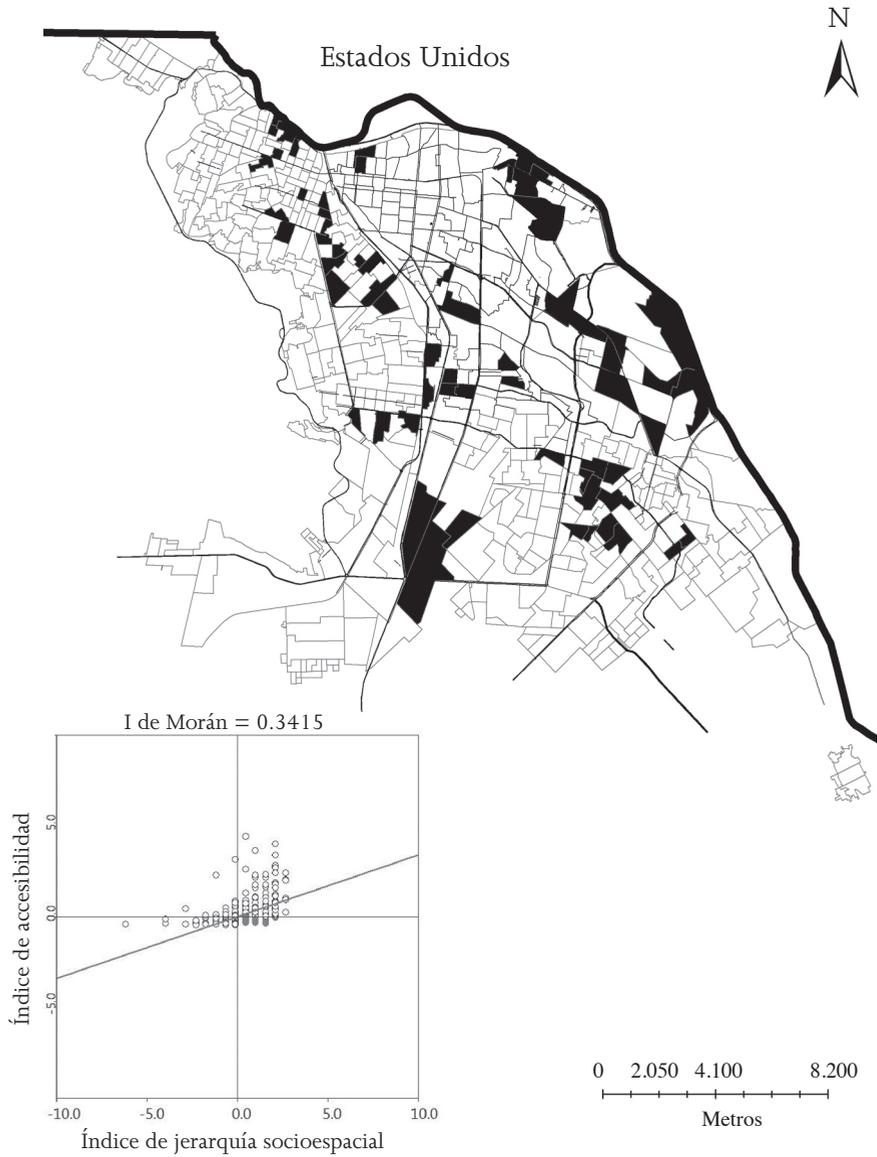
Autocorrelación espacial bivariada para Ciudad Juárez, Chihuahua (2000) (cuadrante II)



Fuente: elaboración propia, con datos del INEGI (2000; 2004).

Figura 8

Autocorrelación espacial bivariada para Ciudad Juárez, Chihuahua (2000) (cuadrante IV)



Fuente: elaboración propia, con datos del INEGI (2000).

Análisis de cluster

La integración de todas las variables que se encuentran en ambos índices permite realizar un análisis de cluster, cuya representación cartográfica es en cinco agrupamientos, pero sólo cuatro tienen significancia estadística, cuya concentración permite confirmar una estructura urbana fragmentada, tal como se señaló en el apartado de la autocorrelación espacial (véase figura 9).

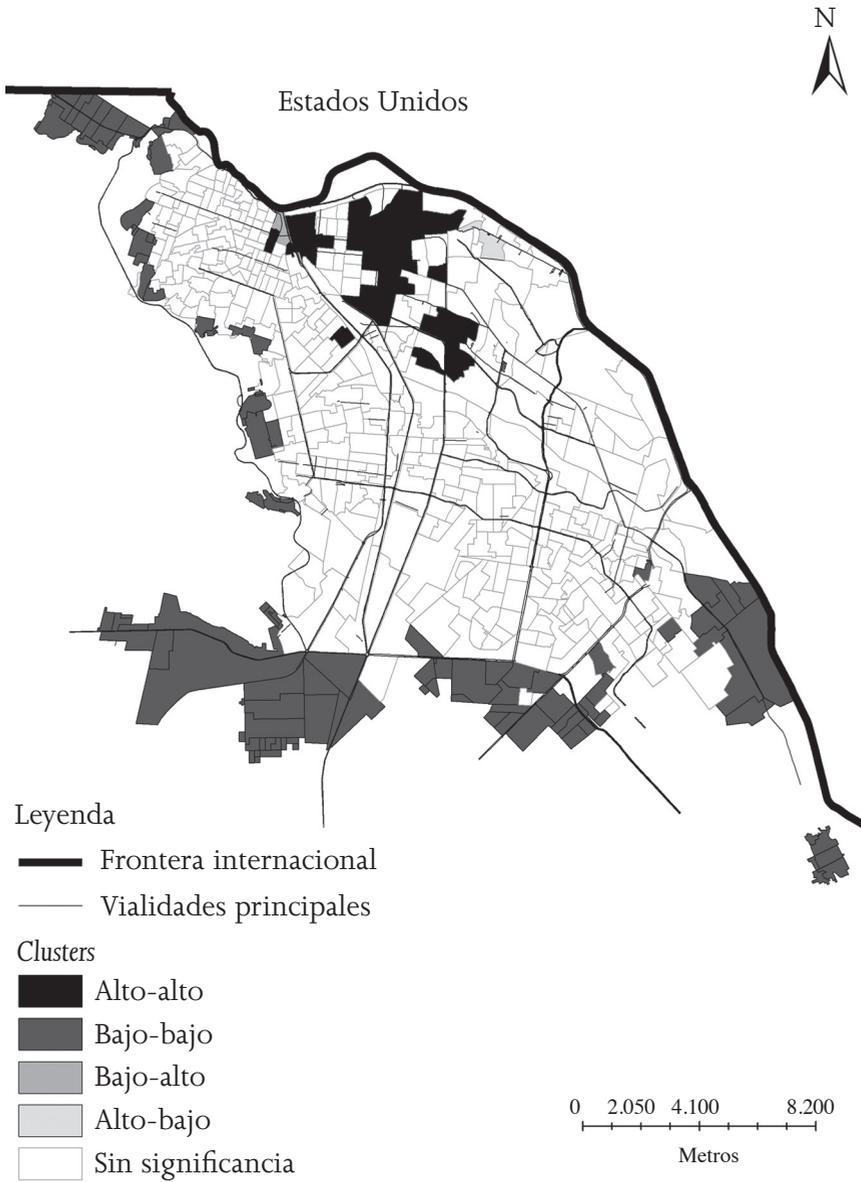
Los valores altos-altos, y que son estadísticamente significativos, se agrupan en tres clusters ubicados a partir del centro histórico y hacia el nororiente, que demuestran ser zonas con un alto nivel socioeconómico y alta accesibilidad a los centros de empleo. El primero se localiza hacia el oriente del centro histórico, donde se encuentran las zonas habitacionales de altos ingresos más antiguas de la ciudad, y que en muchos de los casos experimentan cambio de uso del suelo a comercial o de servicios. Un segundo cluster se ubica en el nororiente, en sectores que concentran una gran cantidad de empleos industriales y las nuevas zonas habitacionales de altos ingresos. Y el tercero está en “la zona dorada”, que en los últimos años recibió parte del empleo de comercio y servicios y se descentralizó hacia el nororiente, producto del proceso de dispersión de la ciudad.

Los clusters con valores bajo-bajo se ubican en tres grandes áreas con pobreza y otros indicadores socioeconómicos, en el norponiente, surponiente y suroriente. En el nororiente, sobresale la colonia Anapra que concentra población inmigrante, que percibe bajos salarios y presenta déficit en algunos servicios públicos. El extremo surponiente se estableció mediante la autoconstrucción, y muestra el mayor rezago en infraestructura urbana, habitada por grupos sociales de bajos ingresos. En contraste, el suroriente se abrió al mercado del suelo, para que las grandes empresas constructoras edificaran una gran cantidad de viviendas de interés social, donde viven, sobre todo, trabajadores de la industria maquiladora. Los clusters con valores alternados (bajos-altos; altos-bajos) representan menos de 1 por ciento de la población. Los agrupamientos con el IJSE y el IAE bajos se localizan en las áreas periféricas que rodean a la ciudad.

En suma, los agrupamientos estadísticamente significativos abarcan 18 por ciento de la población total. El patrón espacial revela

Figura 9

Clusters bivariados (IAE-IJSE) Ciudad Juárez, Chihuahua (2000)



Fuente: elaboración propia, con datos del INEGI (2000).

una tendencia a la fragmentación entre la zona con mayor nivel de consolidación (centro-norte), que se asemeja a la distribución del cuadrante I, y los extremos norponiente, surponiente y suroriente, consistentes con la distribución del cuadrante III.

Conclusión

Los resultados permiten probar la relación espacial entre la segregación residencial y la accesibilidad a los centros de empleo en Ciudad Juárez, mediante el uso de análisis exploratorio de datos espaciales. La distribución de los índices desde la unidad espacial de AGEBS logra constatar la fragmentación espacial dentro de la ciudad, que es un reflejo de la desigualdad en la estructura social, y que permite reflexionar acerca del papel condicionante del espacio en la evaluación de las condiciones de vida de la población en varias de sus dimensiones (Celemín y Velázquez 2011, 49).

La diferenciación espacial siempre ha existido, lo que ha cambiado es que ahora se observa con mayor nitidez y amplitud (Ibid., 34). Los resultados permiten identificar tanto agrupamientos de clusters con una jerarquía socioespacial y accesibilidad al empleo altas, como aquéllos en los que ambos índices son bajos, que por efectos del mercado del suelo se encuentran separados por una gran distancia física y social. En este contexto, se podría decir que el patrón de localización de recursos urbanos como los centros de empleo y las viviendas constituye una restricción a los habitantes de la ciudad, y opera en función de las limitantes que impone la capacidad económica asociada con la actividad laboral que desempeñan. Este proceso se encuentra enmarcado en los cambios recientes que experimentan las ciudades latinoamericanas entre los que sobresalen el de un modelo de urbes compactas a más dispersas, donde los nuevos grupos más pobres se establecieron en la periferia, debido a los mecanismos del mercado del suelo.

La problemática de accesibilidad al empleo queda acotada a los sectores periféricos de la ciudad, donde residen las personas de menores recursos. Por lo tanto, hacia ellos hay que implementar polí-

ticas que incrementen su situación económica, y también preven- ciones que mejoren su accesibilidad a los recursos. Lo anterior es de gran ayuda para el diseño de políticas públicas de uso del suelo y transporte, que busque reducir los costos impuestos por la locali- zación a los sectores de bajos ingresos; que aminoren la segmenta- ción espacial del mercado de trabajo y habitacional, situaciones que redundan en la pérdida de espacios de encuentro informal entre personas de distinta clase social (Rodríguez y Arriagada 2004, 18).

Las limitaciones de los métodos estadísticos, que consideran la ubicación y distribución espacial de los procesos sociales, tienen que ver con su desarrollo en la actualidad y con la disponibilidad de información georeferenciada. En el presente caso, debido a la falta de las variables de ingreso en el censo de 2010 no fue posible construir el IJSE en ese año, y analizar el efecto espacial aparente en el periodo, puesto que con la información de un punto en el tiem- po es imposible distinguir cuándo un efecto espacial es aparente y cuándo existe uno real de contagio, aprendizaje o *spillover* (Messner y Anselin 2002, 57).

Recibido en marzo de 2012

Aceptado en junio de 2012

Bibliografía

- Aguilar, Adrián y Pablo Mateos. 2011. Diferenciación sociodemo- gráfica del espacio urbano en la Ciudad de México. *EURE XXXVII* (110): 5-30.
- Alegría, Tito. 2004. Estructura intraurbana y segregación social: el caso de Tijuana. En *Contradicciones entre planificación y realidades regiona- les, metropolitanas y socioambientales*, compilado por R. García Ortega, 149-182. Tijuana: COLEF/ Universidad Autónoma de Nuevo León.
- _____. 1994. Segregación socio-espacial urbana. El ejemplo de Tijuana. *Estudios Urbanos y Demográficos IX* (2): 25-42.

- _____. 1993. Consideraciones teóricas y metodológicas de estructura urbana. En *Las ciudades de la frontera norte*, coordinado por ídem., y Roberto Sánchez. Tijuana: COLEF.
- Anselin, Luc. 2005. *Spatial Statistical Modeling in a GIS Environment*. En *GIS, Spatial Analysis and Modeling*, editado por D. Maguire, M. Goodchild y M. Batty. Redlands, Ca: ESRI Press.
- _____. 1995. Local Indicators of Spatial Association-LISA. *Geographical Analysis* 27 (2): 93-115.
- _____. 1993. Exploratory Spatial Data Analysis and Geographic Information Systems. *Workshop on New Tools for Spatial Analysis*: 1-17.
- _____. 1992. Space and Applied Econometrics. *Regional Science and Urban Economics* (22): 307-316.
- _____ y Sheri Hudak. 1992. Spatial Econometrics in Practice. *Regional Science and Urban Economics* (2): 509-536.
- Arreola, Daniel y James Curtis. 1993. *The Mexican Border Cities: Landscape Anatomy and Place Personality*. Tucson: University of Arizona Press.
- Borsdorf, Axel. 2003. La segregación socioespacial en ciudades latinoamericanas: el fenómeno, los motivos y las consecuencias para un modelo del desarrollo urbano en América Latina. En *Transformaciones regionales y urbanas en Europa y América Latina*, coordinado por José Luis Luzón, Christoph Stadel y César Borges. Barcelona: Universidad de Barcelona.
- Celemín, Juan. 2012. Asociación espacial entre fragmentación socio-económica y ambiental en la Ciudad del Mar de Plata, Argentina. *EURE XXXVIII* (113): 33-51.
- _____ y Guillermo Velázquez. 2001. Estimación de un índice de calidad ambiental para la ciudad y provincial de Buenos Aires. *Journal of Latin American Geography* 10 (1): 71-84.

- Duncan, Otis y Beverly Duncan. 1975. A Methodological Analysis of Segregation Indexes. En *Urban Social Segregation*, editado por C. Peach, 55-67. Nueva York: Longman Group Limited.
- Feitosa, Flavia, Gilberto Camara, Antonio Mointeiro, Thomas Koschitzky y Marcelino Vega. 2007. Global and Spatial Indices of Urban Segregation. *International Journal of Geographical Information Science* XXI (3): 299-323.
- Fuentes, César. 2009. La estructura espacial urbana y accesibilidad diferenciada a centros de empleos en Ciudad Juárez, Chihuahua. *región y sociedad* XXIII (1): 35-56.
- _____ y Sergio Peña. 2010. Globalization and its Effects on the Urban Socio-spatial Structure of a Transfrontier Metropolis: El Paso, Tx. -Ciudad Juarez, Chih. - Sunland Park, NM. En *Cities and Citizenship at The U.S.-Mexico Border*, editado por Kathleen Staudt, César Fuentes y Julia Monárrez. Nueva York: Palgrave McMillan.
- García, Jaime. 2011. Análisis exploratorio de datos espaciales de la segregación urbana en Ciudad Juárez. *Economía, Población y Desarrollo*, Cuadernos de Trabajo de la UACJ (2): 1-40.
- Groisman, F., y A. L. Suárez. 2006. Segregación residencial en la ciudad de Buenos Aires. *Revista de Población de Buenos Aires* 3 (4): 27-37.
- Hansen, Walter. 1959. How Accessibility Shapes Land Use. *Journal of the American Institute of Planners* (25): 73-76.
- Harris, Chauncy. 1954. The Market as a Factor in the Localization of Production. *Annals of the Association of American Geographers* (44): 315-348.
- Huff, David. 1963. A Probabilistic Analysis of Shopping Center Trade Areas. *Land Economic* XXXIX: 81-90.
- INEGI. 2004. Censos económicos. México, 2005.

- _____. 2000. XII Censo general de población y vivienda, México, INEGI.
- Janoschka, Michael. 2002. El nuevo modelo de la ciudad latinoamericana: fragmentación y privatización. *EURE XXVIII* (85): 11-29.
- Katzman, R., y A. Retamoso. 2007. Efectos de la segregación urbana sobre la educación en Montevideo. *Revista de la CEPAL* 9 (1): 133-152.
- Levinston, Daniel. 1998. Accessibility and the Journey to Work. *Journal of Transport Geography* 6 (1): 11-21.
- _____ y Kumar Ajay. 1994. The Rational Locator: Why Travel Time Have Remained Stable. *Journal of the American Planning Association* LX (3): 319-332.
- Linares, Sergio. 2008. Viejas técnicas, nuevas tecnologías: el aporte de los SIG al análisis de la segregación socioespacial urbana. *Geodemos* XV (22): 23-38.
- Martori, Joan, Karen Hoberg y Jordy Surinach. 2006. Población inmigrante y espacio urbano: indicadores de segregación y pautas de localización. *EURE XXIII* (97): 49-62.
- Massey, Dough, M. J. White y V. C. Phua. 1996. The Dimensions of Segregation Revisited. *Sociological Methods & Research* 25 (2): 172-206.
- _____ y Nancy Denton. 1988. The Dimensions of Residential Segregation. *Social Forces* 67 (2): 281-315.
- Messner, Steven F., y Luc Anselin. 2002. Spatial Analyses of Homicide with Areal Data. En *Spatially Integrated Social Science*, editado por M. Goodchild y D. Janelle. Nueva York: Oxford University Press.
- Mitchel, Andy. 2009. *The Esri Guide to GIS Analysis, volume 2: Spatial Measurements & Statistics*. Redlands, California: ESRI Press.

- Openshaw, Stan. 1984. *The Modifiable Areal Unit Problem*. Norwich: Geo Books.
- Pérez, Enrique. 2011. Segregación socioespacial urbana. Debates contemporáneos e implicaciones para las ciudades mexicanas. *Estudios Demográficos y Urbanos* 26 (2): 403-432.
- _____. 2010. Segregación socioespacial en ciudades turísticas, el caso de Puerto Vallarta, México. *región y sociedad* XLIX (49): 143-176.
- _____. 2006. Sector servicios en la Ciudad de México: una breve descripción de la situación del empleo. En *Espacios metropolitanos*, coordinado por María Soledad Cruz 2. Población, planeación y política de gobierno. México: Universidad Autónoma Metropolitana, Azcapotzalco/RNIU.
- Phal, Ray. 1988. Some Remarks on Informal Work, Social Polarization and the Social Structure. *International Journal of Urban and Regional Research* 12 (2): 247-267.
- _____. 1969. Urban Social Theory and Research. *Environmental Planning* 1 (2): 143-154.
- Reardon, Sean y David O'Sullivan. 2004. Measures of Spatial Segregation. *Sociological Methodology* 34 (1): 121-162.
- Rodríguez, Jorge y Camilo Arriagada. 2004. Segregación residencial en la ciudad latinoamericana. *EURE* XXIV (89): 5-24.
- Rodríguez, Liz. 2009. Distribución del empleo en Hermosillo: econometría espacial como herramienta de planeación urbana. Trabajo presentado en el primer Congreso de egresados del COLEF, Tijuana, B. C.
- Sabatini, Francisco. 2003. *La segregación social del espacio en las ciudades de América Latina*. Washington: Banco Interamericano de Desarrollo.

- _____ e Isabel Brain. 2008. Social urbana: mitos y claves. *Revista EURE XXXIV (103)*: 5-26.
- _____ y Gonzalo Cáceres. 2004. Los barrios cerrados y la ruptura del patrón tradicional de segregación en las ciudades latinoamericanas: el caso de Santiago de Chile. En *Barrios cerrados en Santiago de Chile. Entre la exclusión y la integración residencial*, editado por ídem. Santiago: Lincoln Institute of Land Policy, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- _____, Gonzalo Cáceres y Jorge Cerda. 2001. Segregación residencial en las principales ciudades chilenas: tendencias en las tres últimas décadas y posibles cursos de acción. *Revista EURE XXVII (82)*: 21-42.
- Sánchez, Landy. 2006. Métodos para el análisis espacial: una aplicación al estudio de la geografía de la pobreza. Ponencia presentada en el II Congreso de la Asociación Latinoamericana de Población, Guadalajara.
- Shen, Qing. 2000. The Spatial and Social Dimensions of Commuting. *Journal of the American Planning Association (66)*: 68-82.
- Wang, Fahui. 2000. Modeling Commuting Patterns in Chicago in a GIS Environment: A Job Accessibility Perspective. *Professional Geographer (52)*: 120-133.