

La evolución espacial de los subcentros de empleo en Ciudad Juárez, Chihuahua (1994-2004): un análisis con indicadores de autocorrelación espacial global y local

César M. Fuentes*

Vladimir Hernández**

El objetivo del artículo es identificar los subcentros de empleo total mediante el uso de indicadores de autocorrelación espacial global y local en Ciudad Juárez, Chihuahua, en el periodo 1994-2004. Esta metodología usa matrices de pesos espaciales e incorpora la noción de unidades vecinas y no está limitada al criterio de contigüidad del método de doble umbral. La variable usada fue la densidad bruta de empleo total (manufactura, comercio y servicio) en los años 1994 y 2004 a nivel de AGEB, obtenida de los Censos Económicos (INEGI, 1994 y 2004). Mediante el uso de dos indicadores de autocorrelación espacial, en específico el I de Moran y los indicadores locales de asociación espacial (LISA por sus siglas en inglés), fue posible identificar varios centros y subcentros de empleo total. Los resultados muestran la presencia de dependencia y heterogeneidad espacial que se manifiestan en la forma de agrupamientos de alta densidad de empleo (alto-alto) tanto en el distrito central de negocios (DCN) como en el subcentro de empleo mixto localizado en el corredor industrial de la avenida Rafael Pérez Serna. Asimismo, existen varios subcentros de empleo manufacturero aislados de alta densidad (alto-alto) localizados sobre las principales vialidades dirigidas a puertos internacionales. En este contexto, se puede concluir que la distribución del empleo fuera del DCN, producto de economías de aglomeración, implica la presencia de una estructura urbana policéntrica.

Palabras clave: subcentros de empleo, exploratorio de datos espaciales, indicadores locales de asociación espacial, Ciudad Juárez.

Fecha de recepción: 21 de enero de 2013.

Fecha de aceptación: 10 de octubre de 2014.

* Profesor investigador del Departamento de Estudios Urbanos y Medio Ambiente de El Colegio de la Frontera Norte, sede Ciudad Juárez, Chihuahua. Dirección postal: Av. Insurgentes núm. 3708, Col. Los Nogales, CP 32350, Ciudad Juárez, Chihuahua. Correo electrónico: <cfuentes@colef.mx>.

** Profesor investigador del Departamento de Arquitectura de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Dirección postal: Avenida del Charro 410 Norte, Ciudad Juárez, Chihuahua, CP 32310. Correo electrónico: <vlahdez@gmail.com>.

The Spatial Evolution of Employment Subcenters in Ciudad Juárez, Chihuahua (1994-2004): An Analysis Using Global and Local Spatial Autocorrelation Indicators

The objective of this article is to identify total employment subcenters through the use of global and local spatial autocorrelation indicators in Ciudad Juárez, Chihuahua, during the period from 1994-2004. This methodology uses spatial weights matrices, includes the notion of neighboring units and is not restricted to the contiguity criterion of the double threshold method. The variable used was the gross density of total employment (manufacturing, trade and service) in 1994 and 2004 at the AGEb level, obtained from the Economic Census (INEGI, 1994 and 2004). Two spatial autocorrelation indicators, specifically Moran's I and local indicators of spatial association (LISA) were used to identify several centers and sub-centers of total employment. The results show the presence of dependence and spatial heterogeneity expressed in the form of groups of high density employment (high-high) in both the central business district (CBD) and the mixed employment subcenter located in the industrial corridor of Avenida Rafael Pérez Serna. Likewise, there are several isolated high density manufacturing employment subcenters (high-high) located on the main roads leading to international ports. In this context, one can conclude that employment distribution outside the CBD, resulting from agglomeration economies, implies the presence of a polycentric urban structure.

Key words: employment subcenters, exploratory spatial data, local spatial association indicators, Ciudad Juárez.

Introducción

Durante las últimas décadas hemos sido testigos del interés de los estudios urbanos en analizar el cambio de las estructuras urbanas en las ciudades en el mundo. Este proceso es explicado por la descentralización del empleo y de la población, que tiene un impacto en la estructura urbana tradicional monocéntrica y modifica su supuesto central referido a la reducción de la densidad de empleo a partir del distrito central de negocios (Von Thünen, 1826; Alonso, 1964; Muth, 1969; Mills, 1972). En la actualidad en muchas ciudades del mundo, sobre todo en los países desarrollados, el empleo y la población se han descentralizado formando estructuras urbanas policéntricas. La descentralización del empleo se explica por la presencia de deseconomías de aglomeración en el distrito central de negocios (DCN), tales como la congestión vehicular, la contaminación, el alto costo del suelo y de la vivienda, que actúan como una fuerza desconcentradora del empleo.

Aunado a lo anterior, la aglomeración puede ocurrir en otras áreas debido al surgimiento de economías de escala, como resultado de los efectos de la información, la mejor accesibilidad a los insumos locales y la oferta de fuerza de trabajo especializada (Parr, 2002; Coffey y Shearmur, 2002). Además, un subcentro de empleo alejado del DCN puede emerger debido a una mejora en la infraestructura que reduce el costo del transporte. El surgimiento y el crecimiento de los centros de empleo también se explican por factores exógenos, tales como las medidas de planificación del gobierno local o las decisiones de las empresas grandes que optan por localizarse fuera del centro de la ciudad (Redfearn *et al.*, 2008).

El policentrismo no sólo limita su presencia en las zonas metropolitanas de países desarrollados, también está presente en ciudades de Asia y América Latina. En México varios estudios reportaron cambios en la estructura urbana, entre los que se encuentran los realizados en el Área Metropolitana de la Ciudad de México (Aguilar y Alvarado, 2004; Graizbord y Acuña, 2004; Ramírez, 2008; Aguilar y Mateos, 2011), la Zona Metropolitana de Toluca (Garrocho y Campos, 2007), Tijuana (Alegría, 2004), Ciudad Juárez (Fuentes, 2001) y Hermosillo (Rodríguez-Gámez y Dallerba, 2012). Sin embargo, la mayoría de dichos estudios se concentra en áreas metropolitanas que experimentan un proceso de desindustrialización, y existen pocos que se refieren a áreas metropolitanas que experimentaron un proceso de industrialización, como es el caso de Ciudad Juárez, Chihuahua.

Desde mediados de la década de los sesenta la Zona Metropolitana de Ciudad Juárez experimentó un rápido proceso de industrialización y un patrón de crecimiento urbano expansivo. De manera paralela el distrito central de negocios (DCN) sufrió deseconomías de aglomeración producto del congestionamiento vehicular, la contaminación ambiental y el alto valor del suelo. Lo anterior contribuyó a la descentralización de la población y del empleo hacia lugares alejados del DCN, que recibieron fuertes inversiones en infraestructura de comunicaciones, lo que incidió en el surgimiento de subcentros de empleo manufactureros—en algunos casos aglomeraciones de AGEB y en otros casos subcentros aislados— que concentraron cerca de 50% del empleo total en el año 2004.

En este contexto, la pregunta de investigación que plantea el presente estudio es la siguiente: ¿la estructura urbana de Ciudad Juárez está experimentando una tendencia hacia la descentralización del empleo total que implique la presencia de una estructura urbana po-

licéntrica? Para responder dicha pregunta se hará uso de algunos indicadores de autocorrelación espacial global y local. Así, este artículo tiene como objetivo identificar los subcentros de empleo mediante el uso de indicadores de autocorrelación espacial global y local en Ciudad Juárez, Chihuahua, en el periodo 1994-2004.

El artículo se organiza en cinco secciones. En la primera se presenta el marco teórico y conceptual. En la segunda se incluyen las características económicas y urbanas de la ciudad en estudio. En la tercera se discute la metodología y la base de datos usada. En la cuarta se muestran los resultados de los indicadores de autocorrelación espacial global y local. El artículo finaliza con las conclusiones.

Marco teórico: enfoque urbano de la teoría de la localización

En los enfoques económicos y espaciales hay coincidencias en definir la estructura espacial como la distribución espacial de la población y del empleo en un área metropolitana, considerando las condiciones de su densidad (Ramírez, 2008: 146; Yáñez y Acevedo, 2010: 180). Hasta hace cincuenta años no había dudas del carácter monocéntrico de las ciudades en el mundo. Dicho modelo monocéntrico reconoce la importancia del sistema de transporte en la definición de la estructura interna de las ciudades, ya que parte del supuesto de que en el distrito central de negocios (DCN) se localiza un nodo exportador que concentra todo el empleo de la ciudad. Por lo anterior los trabajadores también buscan una localización central para disminuir el costo del transporte, lo que genera una fuerte competencia por acceder al DCN. La demanda de los distintos usos del suelo se basa en un estricto principio económico: las actividades económicas que requieren una localización central tienen que pagar elevadas rentas del suelo, o si optan por una ubicación periférica tienen que erogar altos costos de transporte (Garrocho y Campos, 2007). En este contexto, los empresarios del sector comercio, servicios e industria están dispuestos a pagar una mayor renta del suelo para establecerse lo más cerca posible del DCN. De la misma manera las personas están dispuestas a habitar una vivienda de menor tamaño con tal de vivir lo más cerca del centro, disminuyendo así el costo del transporte (Capello, 2007).

El precio máximo que una firma está dispuesta a pagar por una localización determinada es una cantidad descontada de los ingresos netos esperados, los cuales dependen en una parte importante del

fácil acceso a los consumidores. Asimismo, el valor de una determinada localización está influido por los atributos que posee (distancias respecto a centros, infraestructura, etcétera).

El modelo asume que la ciudad tiene un solo lugar central en donde se concentra la actividad económica; en esa área se agrupan las actividades comerciales y de servicios, y fuera del centro se localizan las industrias y las residencias. En este contexto, las actividades de comercio y servicios buscan una localización central para atraer consumidores de toda la ciudad, por lo que están dispuestas a pagar una mayor renta por dicha localización. Las economías de aglomeración provocan que en ese lugar se concentre la mayor diversidad de ramas económicas, y las ramas con mayor área de mercado atraen a consumidores de toda la ciudad (Berry y Parr, 1988).

En el caso de la actividad industrial hay diferentes factores que pueden explicar la tendencia hacia una localización periférica. Primero, la emergencia y el crecimiento de los centros de empleo también se explican por factores exógenos, como es el que las decisiones en torno a la localización no se dejan enteramente a merced del libre mercado –la localización está fuertemente condicionada por la zonificación, particularmente en los sectores en los que la actividad puede generar efectos externos negativos en la población–; las empresas grandes también deciden localizarse fuera del centro de la ciudad (Redfearn *et al.*, 2008). Segundo, la localización periférica puede ser una respuesta a diseconomías de aglomeración (congestión vehicular, contaminación y precios del suelo, etc.); en consecuencia la aglomeración puede ocurrir en otras áreas debido al surgimiento de economías de escala como resultado de los efectos de la información, la mejor accesibilidad a insumos locales y la presencia de una fuerza de trabajo especializada (Parr, 2002; Coffey y Shearmur, 2002). Tercero, una caída en el costo del transporte permite que las economías de aglomeración surjan en los centros de empleo de localizaciones más lejanas; esto porque pueden emerger subcentros de empleo debido a la mejora en la infraestructura que reduce el costo del transporte.

Los efectos esperados de los tres factores antes mencionados actúan en la misma dirección: la tendencia es que la industria se localice fuera del centro regional. Sin embargo la descentralización del empleo industrial no sigue usualmente un modelo completamente disperso: muchas de las relocalizaciones y de las nuevas inversiones industriales se asientan en áreas cercanas a los centros y subcentros de empleo o forman nuevos subcentros de empleo; ello indica que las economías

de aglomeración continúan teniendo una influencia importante en la decisión de localización (García y Muñiz, 2005).

Sin embargo, las ciudades modernas se caracterizan por tener estructuras espaciales policéntricas, resultado de los procesos de dispersión económica del centro a distintos sitios de la ciudad, lo que da lugar a subcentros de actividad económica. Si una ciudad crece lo suficiente, su DCN ya no le ofrece las mismas economías de escala que en el modelo monocéntrico, y esto da como resultado que se forme otro centro o subcentro de actividad económica –con área de influencia propia– a una determinada distancia física del centro original. De hecho, la estructura monocéntrica de las ciudades corresponde a la etapa inicial del crecimiento urbano y a las ciudades pequeñas y medianas; en la medida en que se presenta un crecimiento urbano dinámico, la expansión urbana genera una estructura espacial policéntrica caracterizada por un proceso de descentralización y desconcentración de la actividad económica y de su población desde su centro original a la periferia, formando múltiples subcentros que empiezan a competir con el centro principal. Entre los trabajos que abordan el policentrismo destacan los de Sullivan (1986), Wieand (1987), Fujita *et al.* (1997), Ogawa y Fujita (1980), Fujita y Ogawa (1982) y Lucas y Rossi-Hansberg (2002).

En este contexto urbano la estructura del empleo puede clasificarse en dos categorías principales: 1) empleo localmente centralizado y 2) empleo disperso. En el primer caso las firmas se agrupan en el DCN para explotar las economías de aglomeración, mientras que en el segundo el empleo se agrupa en algunos subcentros o a lo largo de los corredores del transporte (Rodríguez-Gámez y Dallerba, 2012).

Ambos muestran un gradiente de densidad del empleo plano fuera del DCN y la falta de un patrón espacial urbano (ausencia de ó una pequeña dependencia espacial con una alta deseconomía de aglomeración que empuja hacia la descentralización del empleo). Sin embargo, el proceso de fragmentación consiste en la dispersión generalizada del empleo de baja densidad en una estructura dispersa propuesta por Gary (1990).

Ciudad Juárez, Chihuahua (1960-2010): dinámica económica y poblacional

Ciudad Juárez es uno de los puertos fronterizos más importantes entre México y Estados Unidos, y desde la década de los cuarenta experimentó altas tasas de crecimiento poblacional y rápida expansión urbana. Entre 1960 y 2000 su tasa de crecimiento promedio fue de 4.8%, es decir, la población se cuadruplicó ya que pasó de 276 995 a 1 217 818 habitantes (véase el cuadro 1). A partir del año 2000 su tasa de crecimiento poblacional disminuyó debido principalmente a la recesión económica de Estados Unidos, que ocasionó la pérdida de más de 83 074 empleos entre 2000 y 2003, lo que significó la reducción del flujo migratorio hacia la ciudad y junto con ello la caída en la tasa de crecimiento de la población, que se redujo a 1.9% en 2010.

En el contexto nacional, para el año 2005 la Zona Metropolitana de Ciudad Juárez¹ se ubicó en el octavo lugar dentro de las zonas metropolitanas² del país con más de un millón de habitantes, sólo superada por la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, Guadalajara, Monterrey, Puebla-Tlaxcala, Toluca, Tijuana y León (Sedesol, 2005).

Asimismo, desde mediados de la década de los treinta y hasta la de los sesenta la economía de la ciudad se especializó en actividades de comercio y servicios, producto de su localización geográfica respecto a Estados Unidos, que permitía el fácil acceso de los grupos de turistas que visitaban la ciudad. Por lo anterior, la mayoría de las actividades de comercio y servicios buscaron localizarse lo más cerca posible a los puertos internacionales con el objetivo de dar mayor accesibilidad a sus potenciales consumidores estadounidenses. En este contexto económico espacial la ciudad creció en función de un solo distrito central de negocios (DCN) como resultado de la localización de las actividades de comercio y servicios junto al centro histórico y al cruce internacional, además del desarrollo de vías de acceso en esa dirección (Fuentes, 2001). La puesta en marcha del Programa Nacional Fronte-

¹ De acuerdo con la Secretaría de Desarrollo Social las zonas urbanas pueden ser clasificadas: 1) a partir de una conurbación intermunicipal, 2) por distancia, integración funcional y carácter urbano, 3) por tamaño, y 4) por política urbana (Sedesol, 2005). La Zona Metropolitana de Ciudad Juárez fue definida por su tamaño.

² El concepto de zona metropolitana es distinto al de área metropolitana o área urbana, ya que el límite de la primera incluye delegaciones o municipios completos, incluidas sus localidades, independientemente de que éstas formen parte del área urbana contigua de la ciudad (Sedesol, 2005).

CUADRO 1
Crecimiento poblacional y urbano en Ciudad Juárez, Chihuahua (1940-2010)

Año	Población	Tasa de crecimiento poblacional (%)	Área urbana (ha)	Tasa de crecimiento de la superficie urbana	Densidad de población (hab./ha)
1940	48 881	2.0	563		87
1950	131 308	9.1	800	3.5	164
1960	276 995	7.2	1 894	9.0	146
1970	424 135	5.2	5 608	11.4	75
1980	567 365	4.4	9 395	5.2	60
1990	798 499	3.4	14 049	4.1	57
2000	1 217 818	4.2	21 572	4.3	56
2010	1 332 131	1.9	33 862	7.8	39

FUENTE: Elaboración propia con base en el *Censo General de Población y Vivienda* (INEGI, 1980, 1990, 2000, 2010) y el *Conteo de Población y Vivienda* (INEGI, 2005).

rizo (Pronaf)³ permitió la construcción de infraestructura de comercio y servicios al nororiente de la ciudad, lo que significó la ampliación del DCN en esa dirección (Fuentes, 2001).

Con el establecimiento del Programa de Industrialización Fronteriza (PIF) a mediados de la década de los sesenta, la industria maquiladora se incorporó como un nuevo agente económico que competía por los recursos urbanos como el suelo, la infraestructura, etc. Dicho programa tuvo un importante impacto en la transformación de la estructura urbana al localizar los parques industriales sobre las principales vialidades de las áreas periféricas. En términos económicos la ciudad experimentó un proceso opuesto al de la mayoría de las grandes zonas metropolitanas del mundo, que sufrieron un proceso de desindustrialización. En 1970 el sector terciario representó el 53% mientras que el sector secundario alcanzó 26.7% de la población económicamente activa (PEA) en la ciudad. Para el año 2000 el sector terciario disminuyó su participación con 22.9% de la PEA, mientras que el sector secundario se incrementó para representar 55.2% de ésta (véase el cuadro 2).

Producto del incremento en la demanda de suelo para uso industrial y residencial se generó la rápida expansión de la ciudad: de 1960 a 2000 la mancha urbana pasó de 1 894 a 21 572 hectáreas. La diferencia en la tasa de crecimiento de la población y de la superficie urbana explica el patrón de crecimiento extensivo de la mancha urbana (Fuentes, 2009). En 1967 se estableció el primer parque industrial en el nororiente de la ciudad; en la década siguiente se construyeron tres nuevos parques, los cuales siguieron un patrón de localización muy cercano a los cruces fronterizos y se situaron sobre las principales vialidades internas que comunican a los puertos internacionales y al resto de la ciudad. Para la década de los ochenta se establecieron seis nuevos parques industriales y para la siguiente se construyeron dos adicionales (Fuentes, 2001). En el año 2000 llegaron a ser 20 las áreas que incluyeron parques y zonas industriales. En ese año concentraron 222 042 empleos, representando casi 50% de todo el empleo urbano.

De igual manera, los programas oficiales de vivienda se ubicaron en la periferia urbana, sobre todo en el suroriente, en donde se construyeron miles de viviendas para sectores de ingresos bajos. El patrón expansivo de la mancha urbana se manifiesta en una continua disminución de la densidad de población, que pasó de 146 hab./ha en 1960

³ El Programa Nacional Fronterizo (Pronaf) tenía como propósito principal la construcción de infraestructura urbana para mejorar la imagen de las ciudades mexicanas y así promover el turismo.

CUADRO 2
Participación de la PEA por sector en Ciudad Juárez, Chihuahua (1970-2000)

<i>Sector</i>	<i>1970 Empleo</i>	<i>% de la PEA</i>	<i>2000 Empleo</i>	<i>% de la PEA</i>	<i>% de cambio de la PEA 1970-2000</i>
Primario	9 343	8.7	2 742	0.6	-92.3
Agricultura	9 343	8.7	2 742	0.6	-92.3
Secundario	28 888	26.7	254 887	55.2	106.7
Minería	403	0.3	131	0.0	0.0
Manufacturero	19 215	17.7	222 042	48.1	171.7
Construcción	8 851	8.2	30 880	6.7	-18.2
Electricidad	419	0.4	1 829	0.4	0.0
Terciario	57 305	53.0	105 643	22.9	-56.8
Comercio	19 149	17.8	68 001	14.7	-17.4
Comunicaciones y transportes	4 532	4.2	14 869	3.2	-23.8
Servicios	33 624	31.1	45 073	9.7	-68.8
Gobierno	7 240	6.7	10 151	2.2	-62.6
Total	108 070	100.0	461 422	100.0	

FUENTE: Fuentes y Peña, 2010.

a 56 hab./ha en el año 2000. En el ámbito intraurbano las zonas de la ciudad que experimentaron los mayores cambios en su densidad de población fueron el centro, que se redujo, y el suroriente, que en contraste mostró el mayor incremento en su densidad de población, producto de que en esa dirección se establecieron los programas de vivienda económica. Ambos factores tendrían un impacto en la descentralización del empleo total y en la formación de nuevos subcentros de empleo.

Metodología y datos

El avance en los sistemas de información geográfica y en los métodos de análisis espacial revivió el debate sobre la necesidad de perfeccionar los métodos usados para identificar los subcentros de empleo con objeto de superar la principal crítica a los criterios arbitrarios usados para definir el valor del umbral del empleo (Le Gallo *et al.*, 2006). El análisis exploratorio de datos espaciales (AEDE),⁴ en específico el I de Moran y los indicadores locales de asociación espacial, forma parte de un conjunto de técnicas que buscan describir la distribución espacial en términos de los patrones de asociación espacial. Este método permite detectar tanto la autocorrelación espacial en la forma de agrupamientos espaciales de empleo como la heterogeneidad espacial en la forma de patrones diferenciados de agrupamientos a través del espacio (Baumont *et al.*, 2004; Guillain y Le Gallo, 2009; Baumont, Ertur y Le Gallo, 2004). Dichos patrones están asociados a matrices de pesos espaciales, en donde cada unidad está conectada a un conjunto de sitios vecinos. Además del uso de diferentes matrices de pesos espaciales, la noción de contigüidad (W_{ij}) es mayor y no está limitada al principio de vecindad del método de Guiliano y Small (1991) (Baumont, Ertur y Le Gallo, 2004). La W_{ij} recibe el nombre de matriz de conexión de pesos espaciales o contigüidad y se compone de ceros y unos, según se considere la existencia o no de la conexión.

⁴ El análisis exploratorio de datos espaciales (AEDE) es una colección de técnicas que describen patrones de asociación espacial, agrupamientos o áreas calientes (*hot spots*), y sugieren un régimen espacial (Anselin, Syabri y Smirnov, 2007).

Análisis exploratorio de datos espaciales (AEDE)

La cuantificación de los agrupamientos se lleva a cabo mediante dos indicadores de autocorrelación espacial: I de Moran e indicadores locales de asociación espacial. Para la identificación de los clústeres de áreas contiguas en donde el empleo total excede el umbral se utilizarán dichos indicadores.

La densidad bruta de empleo (número de empleos dividido por la superficie del AGEB) en cada zona es más elevada que en todas las zonas adyacentes y está por encima del umbral (*cutt-off*) predeterminado (Baumont, Ertur y Le Gallo, 2004). Puesto que la densidad de empleo de cada zona se someterá a pruebas estadísticas y todas las áreas adyacentes con valores similares formarán agrupamientos, cabe mencionar que no se establece *a priori* un valor por encima de un umbral (*cutt-off*) predeterminado (Baumont, Ertur y Le Gallo, 2004).

Matriz de pesos espaciales

Para analizar la autocorrelación y la heterogeneidad espaciales el primer paso a seguir es la definición de la matriz de pesos (W) a fin de definir la conectividad espacial entre nuestras observaciones. En dicha matriz cada observación está conectada a un conjunto de observaciones vecinas de acuerdo con un patrón espacial definido exógenamente (Baumont *et al.*, 2004; Rodríguez-Gámez y Dallerba, 2012). Los elementos diagonales de la matriz de pesos son fijados en cero, mientras que los que se encuentran fuera de la diagonal indican la manera en que la localidad i está espacialmente conectada a la localidad j (Cliff y Ord, 1981; Anselin, 1995; Anselin, Syabri y Smirnov, 2002; Rodríguez-Gámez y Dallerba, 2012). Estos elementos son no estocásticos, no negativos y finitos. Para normalizar la influencia externa de cada una de las unidades, la matriz de pesos es estandarizada de tal modo que los elementos de la hilera sumen uno.

Para la elección de los pesos espaciales se decidió adoptar una matriz de pesos de k -vecinos más cercanos-, lo que implica que cada unidad espacial está conectada al mismo número k de vecinos, cualquiera que sea su localización. Este método evita una definición arbitraria del corte de la distancia y es indicado cuando la distribución espacial de puntos o áreas muestra un alto grado de heterogeneidad (Anselin, 2002). Otra ventaja de la matriz de pesos k más cercana es su capacidad para asegurar que cada observación tiene el mismo número

de vecinos sin importar el tamaño del territorio (Baumont *et al.*, 2004; Guillain *et al.*, 2006; Rodríguez-Gómez y Dallerba, 2012). La forma general de una matriz de pesos del tipo k -vecinos se define de la siguiente manera:

$$\left\{ \begin{array}{l} w_{ij}^*(k) = 0 \quad i = j, \forall k \\ w_{ij}^*(k) = 1 \quad \text{si } d_{ij} \leq d_i(k) \text{ y } w_{ij} = \frac{w_{ij}^*(k)}{\sum_j w_{ij}^*(k)} \\ w_{ij}^*(k) = 0 \quad d_{ij} < d_i(k) \end{array} \right. \quad [1]$$

donde $w_{ij}^*(k)$ es un elemento de una matriz estandarizada y $d_i(k)$ es la distancia crítica o corte definido para la unidad i .

Entonces $d_i(k)$ es el i -ésimo vecino de menor distancia entre la unidad i y el resto de las unidades, de manera que la unidad i tiene exactamente k -vecinos. De acuerdo con lo anterior la matriz de pesos se construye con el número promedio de vecinos de la zona de estudio. En Ciudad Juárez el número promedio de vecinos en 1994 fue de 25.8 y en 2004 fue de 14.01, por lo que se decidió construir varias matrices de pesos espaciales ($k1, k2, k4, k6, k8, k10, k12, k14, k16, k18, k20, k22, k24, k26$) en 1994. En 2004 se decidió construir las matrices de pesos ($k1, k2, k4, k6, k8, k10, k12, k14$) para poner a prueba la sensibilidad de los resultados del índice de autocorrelación espacial. Producto de lo anterior se identificó la matriz de pesos $k=4$ para llevar a cabo el análisis exploratorio de datos espaciales.

Autocorrelación espacial global

Las técnicas del análisis exploratorio de datos espaciales pueden ser usadas para estudiar la autocorrelación en bases de datos georreferenciadas; ésta puede ser evaluada mediante el estadístico I de Moran, que mide el grado de asociación lineal entre los valores observados y sus valores espacialmente rezagados (Moran, 1948; Hongfei *et al.*, 2007; Anselin, Syabri y Smirnov, 2002). La autocorrelación espacial se define como la coincidencia de ubicación espacial de valores (Anselin, 2001); existe una autocorrelación positiva cuando los valores altos o bajos de una variable tienden a agruparse en el espacio. En el contexto de las áreas urbanas la autocorrelación significa que las AGEB con valores

altos y bajos de empleos terciarios están agrupadas (Guillain, Le Gallo y Boiteux-Orain, 2004).

Un valor del I de Moran mayor (menor) que el valor esperado [$E(I) = -1/(N-1)$] indica autocorrelación positiva (negativa) y/o similitud entre vecinos (diferencia entre vecinos). Un valor cercano a 1 indica similitud entre los vecinos mientras que 1 indica diferencia entre éstos. Un coeficiente cercano a 0 indica aleatoriedad espacial o independencia. Un valor positivo del estadístico de I de Moran significa que valores altos están rodeados por áreas con valores altos de la variable en estudio (alto-alto) o valores bajos están rodeados por áreas de valores bajos (bajo-bajo). Un valor negativo significa que valores bajos están rodeados por valores altos (bajo-alto) o valores altos están rodeados por valores bajos (alto-bajo). Lo anterior sugiere dos clases de autocorrelación espacial positiva o agrupamientos (alto-alto y bajo-bajo) y dos clases de correlación espacial negativa (alto-bajo y bajo-alto) (Anselin, Syabri y Smirnov, 2002).

El I de Moran es definido como:

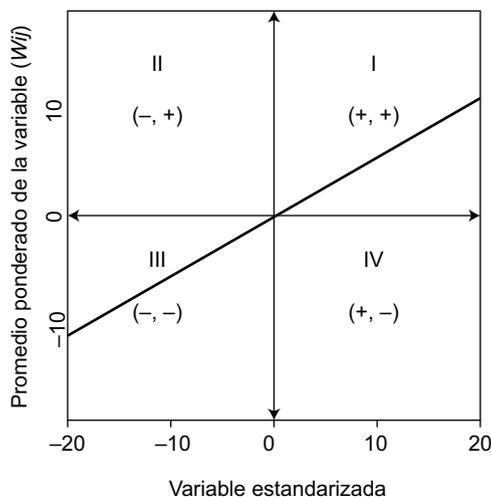
$$I_i = \frac{N \sum_i \sum_j w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{(\sum_i \sum_j w_{ij}) \sum_i (x_i - \bar{x})} \quad [2]$$

donde: N es el total del número de áreas, w_{ij} es la medida de peso espacial de la contigüidad; x_i y x_j denotan los valores observados para las áreas i y j respectivamente, y \bar{x} es el promedio de los valores de los atributos.

Una manera de explorar la autocorrelación en el espacio es por medio del diagrama de dispersión del I de Moran (véase la gráfica 1), en el que se representa en un eje cartesiano la variable analizada (densidad bruta de empleo total) una vez estandarizada y los valores espacialmente rezagados de dicha variable –entiéndase, el promedio ponderado de los valores que adopta una variable en el subconjunto de observaciones vecinas a una variable dada–. La gráfica se complementa con la representación de una recta de regresión cuya pendiente es el valor del I de Moran: mientras mayor sea la inclinación de la recta con respecto al eje de las abscisas (horizontal), mayor será el valor de la autocorrelación espacial y viceversa.

El diagrama muestra la distribución de la autocorrelación espacial local de acuerdo con sus cuatro cuadrantes y el estadístico del I de Moran corresponde al valor de la pendiente en el diagrama (Anselin,

GRÁFICA 1
Diagrama de dispersión del I de Moran



FUENTE: Elaboración propia con base en el programa Geoda.

1995). Por ejemplo, el cuadrante superior izquierdo tiene valores bajos que son rodeados por observaciones con valores altos (bajos-altos), mientras que el cuadrante inferior de la derecha muestra valores altos que rodean a valores bajos (altos-bajos). Lo anterior sugiere potenciales valores atípicos espaciales.

Autocorrelación espacial local

El I de Moran es un indicador de autocorrelación global que permite visualizar y estimar estadísticamente resultados locales que requieren de otro tipo de indicadores (Rodríguez-Gámez y Dallerba, 2012). Es decir, para estimar los agrupamientos intraurbanos de empleo y detectar subcentros de empleo (zonas con alta densidad de empleo) se propone utilizar indicadores locales de asociación espacial (LISA por sus siglas en inglés) para analizar la heterogeneidad presente en los procesos espaciales. Los indicadores locales de asociación espacial son poderosas herramientas para identificar si la concentración de alta o baja densidad de empleo es significativamente más grande en algunas

AGEB contiguas que la predicha en la distribución espacial homogénea (autocorrelación global) (Rodríguez-Gámez y Dallerba, 2012).

En cuanto a la fórmula de los indicadores locales *clusters* y *outliers* (valores atípicos):

$$I = \frac{x_i - \bar{x}}{S^2} \sum_{j=1}^N w_{ij} (x_j - \bar{x})$$

donde $S_x^2 = \sum_j^n (x_j - \bar{x}) / n$ es la varianza y las otras notaciones son las mismas de la ecuación [2].

Los indicadores locales pueden tomar cualquier valor; un valor positivo y estadísticamente significativo indica la presencia de un clúster (una AGEB similar a sus vecinos); a la inversa, un signo negativo sugiere que una AGEB tiene valores diferentes a sus vecinos, es decir, un valor atípico (*outlier*).

Un subcentro de empleo será definido por un valor positivo de autocorrelación espacial de alta densidad de empleos; en términos metodológicos son las AGEB que se ubican en el cuadrante I (+,+) y con significancia estadística. Se pueden considerar polos de crecimiento aquellas AGEB o clústeres que se ubiquen en el cuadrante IV (+,-) (Rodríguez-Gámez y Dallerba, 2012).

Base de datos

Los datos para realizar el análisis provienen de los *Censos Económicos* de los años 1994 y 2004 (INEGI). La cartografía usada en dichos años fue elaborada por el INEGI en 1995 y 2005, respectivamente. La ventaja de poder contar con información en dos puntos en el tiempo es que permite analizar con mayor detalle la dependencia espacial ya que en un punto en el tiempo no es posible distinguir cuando un efecto espacial es aparente y cuando existe un efecto real de contagio, aprendizaje o *spillover* (Messner y Anselin, 2002). La variable usada en el análisis es personal ocupado a nivel de AGEB⁵ de los sectores comercio, servicios y manufactura, debido a que éstos representaron en el año 2000 el 72.5% del empleo total. El *software* usado para llevar a cabo el análisis es Geoda, que se encuentra en versión libre en la red. Mediante el uso de SIG se obtuvo la superficie que ocupa cada AGEB y junto con la información del empleo se construyó la variable densidad bruta de po-

⁵ La AGEB es la más pequeña unidad espacial del censo.

blación. El indicador de densidad de población bruta⁶ E_i en el AGEB i se define como:

$$E_i = \frac{\text{Empleo}}{\text{Superficie}}$$

Identificación de subcentros de empleo total mediante el uso de indicadores de autocorrelación espacial global y local

Para propósitos de exploración se aplicó el método de doble umbral-propuesto por Giuliano y Small (1991),⁷ que es uno de los que tienen mayor aceptación internacional. Además se considera el más adecuado para comparar la estructura policéntrica de una misma ciudad en el transcurso del tiempo (García y Muñiz, 2005). En este ejercicio seguimos algunas de las modificaciones propuestas al método por Garrocho y Campos (2007) para el caso de México. En el mapa 1 se muestran los centros y subcentros identificados tanto en 1994 como en 2004, entre los que se encuentra el centro localizado en el centro histórico, que en el año 1994 fue el de mayor densidad de empleo; además aparece un subcentro de comercio y servicios localizado hacia el nororiente de la ciudad, en la zona del Pronaf, que no es más que una ampliación del DCN, y un incipiente subcentro en el área comercial de la avenida Ejército Nacional. De manera adicional hay siete subcentros de empleo manufacturero que se localizan sobre las arterias viales que comunican a los puertos internacionales⁸ con las principales vías de comunicación internas.

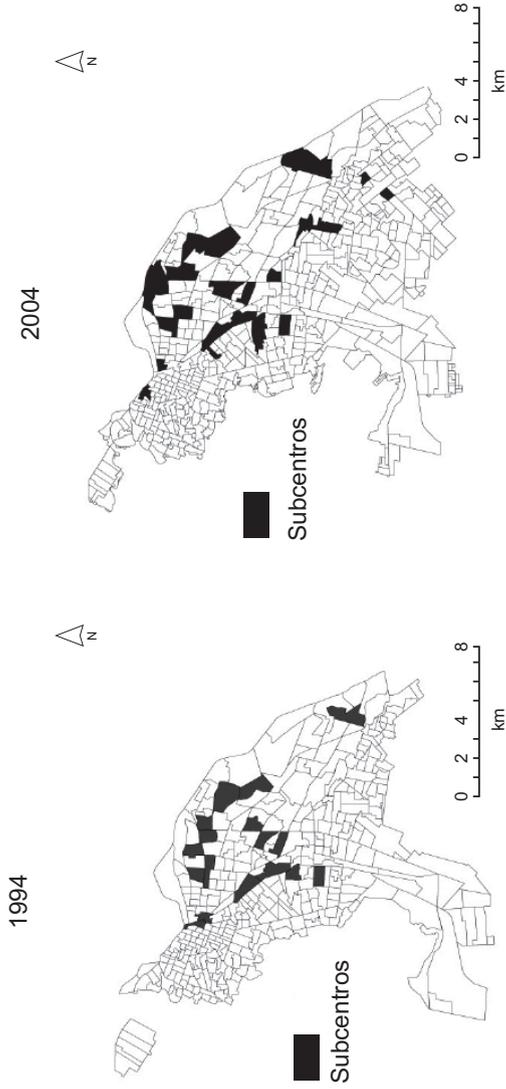
Para el año 2004 se mantienen el mismo centro y subcentros de empleo total identificados en 1994. Sin embargo el centro de mayor jerarquía ya no es el DCN (252 empleos/ha) sino tres subcentros de

⁶ A solicitud de uno de los dictaminadores la variable densidad de empleo total se transformó a logaritmos naturales y se comparó con los resultados del I de Moran: se observó que al suavizar los datos muchas de las observaciones bajo-bajo se movieron al cuadrante alto-alto, alterando los resultados.

⁷ El método de umbrales se basa en la definición de centro como un agrupamiento de zonas contiguas para las que el empleo total excede un umbral predeterminado (*cut-off*) y la densidad de empleo en cada zona es mayor al de todas las zonas adyacentes. En su estudio para el caso de Los Ángeles el umbral mínimo para la densidad de empleo fue de 4.5 empleos/hectárea y el total de empleo fue mayor o igual a 10 000 (Giuliano y Small, 1991).

⁸ Los resultados podrían estar sesgados por no considerar la región de Estados Unidos, en particular El Paso, Texas.

MAPA 1
Distribución espacial de subcentros de empleo en Ciudad Juárez, Chihuahua; método de doble umbral (1994 y 2004)



FUENTE: Elaboración propia con base en los *Censos Económicos* (INEGI, 1994 y 2004).

empleo manufacturero: el corredor industrial de la avenida Rafael Pérez Serna, en donde se localizan los parques industriales Omega y Magnaplex (443 empleos/ha), el Parque Industrial Juárez (300 empleos/ha) y el Parque Industrial Aéreo Juárez (257 empleos/ha). Sin embargo, de los tres subcentros de empleos manufactureros que tienen mayor densidad de empleo que el DCN, sólo en el denominado corredor industrial de la avenida Rafael Pérez Serna existe un agrupamiento de AGEB. Los otros 13 subcentros de empleo están aislados: 11 de ellos se ubican en parques o áreas industriales y dos en áreas de comercio y servicios. De estos dos últimos, el del Pronaf mantuvo el mismo tamaño que en 1994; y el segundo es muy pequeño y se localiza en el centro geográfico de la ciudad, en el área comercial de la avenida Ejército Nacional.

La principal crítica al método de doble umbral se centra en que depende de manera importante de la elección de los valores arbitrarios del umbral (*cut-offs*) (Le Gallo, Guillain y Boiteux-Orain, 2006). Además, dichos valores son cambiantes para cada ciudad, por lo que la definición de los valores de los umbrales son elegidos de manera “discrecional que termina afectando, inevitablemente, el patrón de subcentros que se identifique” (Garrocho y Campos, 2007: 6). Para superar las anteriores críticas se propone el uso de indicadores de autocorrelación espacial global y local.

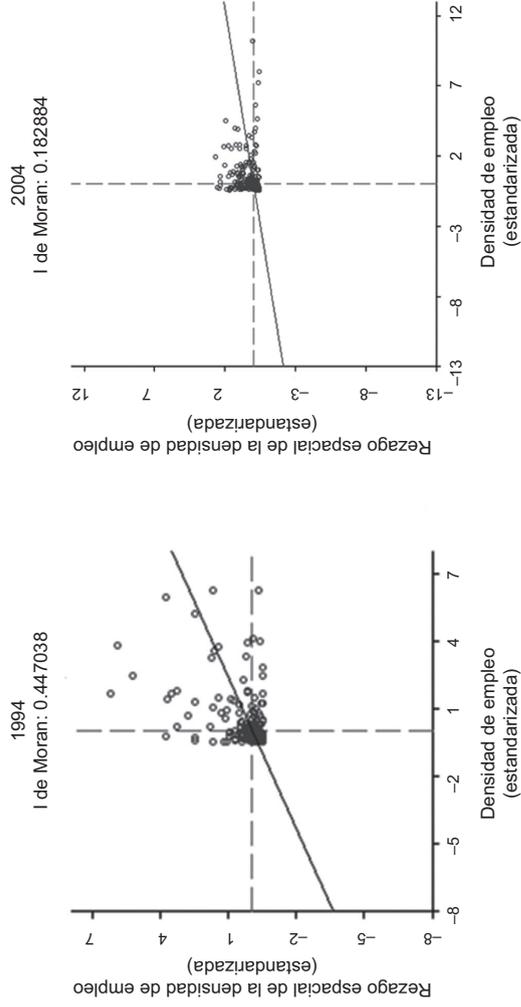
Autocorrelación espacial global

Una manera de explorar la autocorrelación en el espacio es mediante el diagrama de dispersión del I de Moran. En la gráfica 2 se presenta dicho diagrama y se muestra la densidad de empleo estandarizada en cada AGEB contra su valor espacialmente rezagado en 1994 y 2004. En ambos diagramas se confirma la autocorrelación positiva, que significa que las áreas con valores similares (altos o bajos en la densidad de empleo) tienden a agruparse espacialmente. Basado en una matriz de pesos de $k4$, los valores del I de Moran para Ciudad Juárez en 1994 y 2004 fueron de 0.447036 y 0.163209 respectivamente y son estadísticamente significativos (valor de $p = 0.001$). Las diferencias en las pendientes entre 1994 y 2004 muestran que en el año 1994 es mayor el valor de la autocorrelación espacial.

Lo anterior demuestra que las regiones adyacentes tienden a mostrar niveles similares de densidad de empleo. La reducción de 63.4% del I de Moran en el periodo sugiere que en promedio la densidad de

GRÁFICA 2

Diagrama de dispersión del I de Moran para la densidad de empleo total en Ciudad Juárez, Chihuahua (1994 y 2004)



FUENTE: Elaboración propia con datos del INEGI, 1994 y 2004, y cálculos de Geoda.

empleo total en cada AGEB tiende a ser más diferente que en sus vecinos entre 1994 y 2004, lo que prueba el proceso de descentralización del empleo total.

El cuadro 3 muestra que todos los sectores tienen una autocorrelación positiva y estadísticamente significativa en el año 1994. Por ejemplo, el subsector de comercio y servicios tuvo un valor de 0.583796 (valor de $p = 0.001$), el de manufactura un valor de 0.165166 (valor de $p = 0.001$) y el empleo total un valor de 0.44705 (valor de $p = 0.001$). Para el año 2004 el subsector manufacturero perdió significancia estadística; por su parte el subsector comercio y servicios (0.534475, valor de $p = 0.001$) y el empleo total (0.162884, valor de $p = 0.001$) mostraron una autocorrelación espacial global positiva y estadísticamente significativa. Esto indica que las áreas con valores de densidad de empleo similares tienden a agruparse en términos de decisión de localización. Lo anterior, desde el enfoque de la dependencia espacial, significa que la ciudad muestra un comportamiento homogéneo en términos de decisión de localización en la mayoría de los sectores y en el periodo de análisis (Rodríguez-Gómez y Dallerba, 2012).

Las estadísticas para los subsectores de comercio y servicios disminuyeron en el periodo 1994-2004 en 9.22%, lo que indica una desconcentración del empleo terciario del DCN hacia el oriente de la ciudad en la zona conocida como Pronaf, producto del establecimiento de zonas habitacionales de medianos y altos ingresos. Sin embargo dichas actividades siguen concentradas en el DCN y en la zona central de la ciudad.

La localización de las actividades de comercio y servicios en el DCN obedece a un principio que busca dar mayor accesibilidad a consumidores de toda la ciudad mediante la posibilidad de tener mayores áreas de mercado (Berry y Parr, 1988). De igual manera en el DCN se oferta la mayor diversidad de ramas económicas, lo que permite tomar ventaja de las economías de aglomeración.

En el caso de las actividades manufactureras existen diferentes factores que explican la tendencia hacia la descentralización. Como ya dijimos, las decisiones de localización no son dejadas enteramente a merced del libre mercado y están condicionadas por medidas de ordenamiento territorial como la zonificación; también pueden ser una respuesta a las deseconomías de aglomeración –congestión vehicular, altos costos del suelo, contaminación–; por último, la caída del costo de transporte permite el acceso de las economías de aglomeración, que salen de los centros de empleo del área urbana a localizaciones mucho más lejanas (García y Muñoz, 2005).

CUADRO 3
Estadístico I de Moran (valores estandarizados) en Ciudad Juárez, Chihuahua, 1994 y 2004 (matriz de pesos k_4)

<i>Sector económico</i>	1994		2004	
	<i>I de Moran</i>	<i>p-valor</i>	<i>I de Moran</i>	<i>p-valor</i>
Comercios y servicios	0.583796	0.001	0.534475	0.001
Manufacturas	0.165166	0.001	0.0528749	0.45
Empleo total	0.44705	0.001	0.162884	0.001

FUENTE: Elaboración propia con base en los *Censos Económicos* (INEGI, 1994 y 2004).

Debido a la presencia de autocorrelación espacial global la inferencia deberá basarse en el método de permutación condicional. En este estudio se usaron 9 999 permutaciones para computar la función de distribución empírica que proporciona las bases para la inferencia estadística.

Como resultado de que el I de Moran no permite identificar subcentros de empleo, se tiene que cambiar al análisis local que ha sido usado para analizar la heterogeneidad espacial presente en los procesos espaciales (Rodríguez-Gómez y Dallerba, 2012). Los indicadores locales de autocorrelación espacial (ILAE) permiten descubrir si la concentración de alta o baja densidad de empleo es significativamente mayor en algunas AGEB continuas frente a los predictores en la distribución espacial homogénea (autocorrelación global).

Autocorrelación espacial local

Los resultados del estadístico ILAE son significativos a un nivel del 5% y son consistentes con el método del doble umbral. Los agrupamientos alto-alto (A-A) son una herramienta usada para identificar los centros y subcentros de empleo que fue propuesta por Baumont *et al.* (2004) y Guillain *et al.* (2006) y adaptada al contexto mexicano por Rodríguez-Gómez y Dallerba (2012). Dichas investigaciones definen un subcentro de empleo de acuerdo con dos atributos: el primero se refiere a una AGEB (o un conjunto de áreas vecinas) para la que la densidad de empleo por hectárea es significativamente mayor que el promedio de la densidad de empleo en la ciudad; el segundo, a una AGEB (o un conjunto de áreas vecinas) rodeada por otras AGEB, para la cual el promedio de la densidad de empleo es significativamente menor (Rodríguez-Gómez y Dallerba, 2012).

El número de AGEB en los agrupamientos de alta densidad de empleo con valores alto-alto fueron 21 en el año 1994 y 20 en el 2004, es decir, hubo una ligera reducción de éstos. En 1994 la densidad de empleo total en la categoría alto-alto tuvo un rango entre 10.52 y 112.34 empleos por hectárea con un promedio de 44.02. En ese mismo año el mayor agrupamiento de AGEB de A-A se localizó en el DCN de la ciudad (11 AGEB), alrededor del centro histórico y sobre la principal avenida que comunica a uno de los cruces internacionales. Asimismo, se identificó un subcentro de empleo terciario muy pequeño (una AGEB) que se localiza al sur del DCN muy cercano a nuevas áreas habi-

tacionales de medianos y altos ingresos del nororiente de la ciudad (véase en el mapa 4 el año 1994).

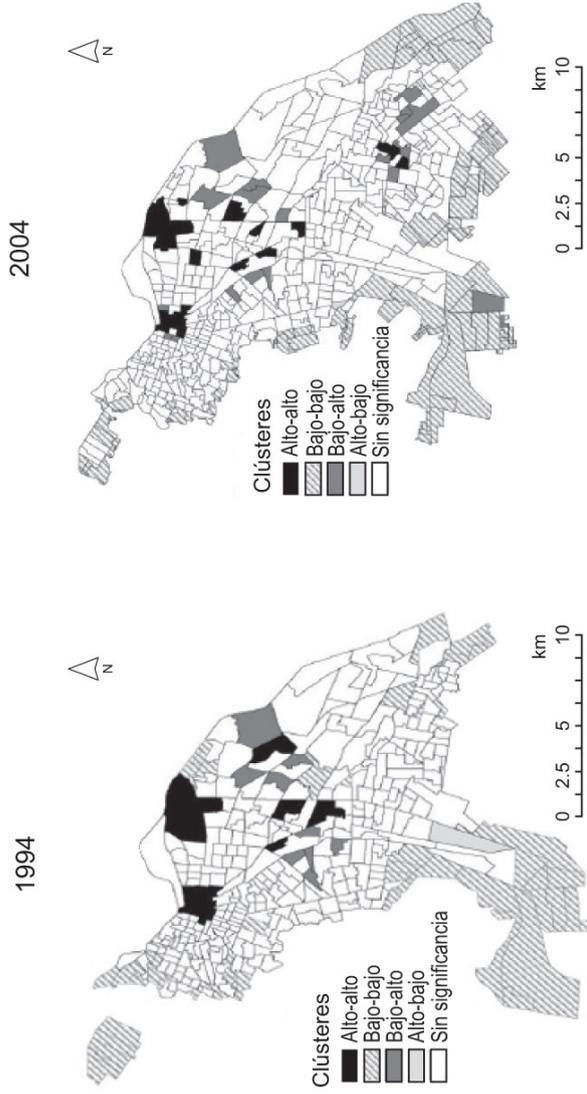
Un segundo subcentro está constituido por actividades manufactureras y de servicios en donde existe un proceso de agrupamiento de AGEB. Éste fue el de mayor tamaño (tres AGEB de A-A), y se ubica en el nororiente sobre el corredor industrial de la avenida Rafael Pérez Serna que incluye los parques industriales Omega y Magnaplex y algunas zonas de servicios. Dicho corredor industrial y de servicios posee la particularidad de concentrar tanto empleos manufactureros como de servicios en virtud de la existencia de economías de aglomeración.

En ese mismo año también se identificaron tres subcentros de empleo manufacturero aislados que se localizan sobre las principales vialidades que comunican a los puertos internacionales. El primero de ellos se ubica en el Parque Industrial Juárez (una AGEB de A-A) y tuvo una densidad de empleo de 20 empleos por hectárea. El segundo se encuentra en el Parque Industrial Bermúdez y está formado por una AGEB de A-A. Llama la atención que dicho parque industrial llegó a tener 11 797 empleos, lo que lo llevó a convertirse en el subcentro de empleo de mayor jerarquía urbana al alcanzar 72 empleos por hectárea, muy por arriba del DCN, que tuvo 57 (emp./ha). Finalmente, el cuarto subcentro se ubica en los parques industriales Panamericano I, II y III y está formado por una AGEB de A-A; se localiza de nueva cuenta en uno de los principales corredores norte-sur.

Para el año 2004, de los centros y subcentros identificados en 1994 sólo tres mantuvieron significancia estadística (DCN, corredor industrial de la avenida Rafael Pérez Serna y Parque Industrial Juárez), aunque todos redujeron su tamaño. Lo anterior es producto de la crisis que experimentó la economía local como efecto de la recesión de la economía de Estados Unidos en 2002; tan sólo en el sector manufacturero se perdieron 83 074 puestos de empleo (Fuentes y Peña, 2010). Por ello el DCN se redujo a siete AGEB de A-A y el corredor comercial-industrial disminuyó a cuatro AGEB de A-A, debido al cierre de muchos negocios de ramas económicas como centros nocturnos, discotecas y bares. En consecuencia el DCN ya no tiene la mayor jerarquía de empleo de la ciudad pues se descentralizó como resultado de deseconomías de aglomeración (congestionamiento vehicular, contaminación ambiental, alto valor del suelo). Sin embargo, se incrementó su densidad de empleo total del rango A-A al oscilar entre 12.81 y 118.93 empleos por hectárea con un promedio de 850.9. Este subcentro concentra principalmente actividades de comercio al menudeo en productos

MAPA 2

Mapas LISA de la densidad de empleo en 1994 y 2004 basados en la matriz $k = 4$



FUENTE: Elaboración propia con base en el programa Geoda.

textiles, vestido y zapatos (10.7%) y en productos de cuidado de la salud (4.3%). Los rubros dedicados a la preparación de alimentos y bebidas (16.4%), junto con el de alojamiento (3.1%), en conjunto aportan a la zona 19.5% del empleo total de la zona Centro.

El subcentro de empleo mixto (manufactura y servicios) se localiza sobre la avenida Rafael Pérez Serna; aunque disminuyó su tamaño de 453 a 430 hectáreas, incrementó su densidad de empleo al pasar de 38 en 1994 a 52 empleos por hectárea en el año 2004 (véase el cuadro 4). Este subcentro alcanzó 22 202 empleos totales, representando 7% del empleo total de la ciudad en el año 2004. En éste la principal actividad económica es la industria manufacturera ya que 77.6% del empleo del centro se divide principalmente en la fabricación de equipo de: transporte (43.6%), computación y comunicación (12.4%) y generación eléctrica y aparatos y accesorios eléctricos (10.9%). Destaca el hecho de que 5.2% del empleo total de este subcentro se ubique en los rubros de servicios de apoyo a los negocios y manejo de desechos y servicios de remediación. Finalmente, con 2.7% aparece el rubro de servicios de preparación de alimentos y bebidas. Lo anterior es una muestra de la fuerza que ejercen las economías de aglomeración en la definición del subcentro.

Es importante destacar que a menos de un kilómetro (en línea recta) al sur del subcentro del corredor industrial y de servicios de la avenida Rafael Pérez Serna se localizan dos subcentros estadísticamente significativos (alto-alto). De éstos el primero se ubica entre las avenidas principales Plutarco Elías Calles e Insurgentes y tiene una vocación a los servicios de apoyo a los negocios, lo que se evidencia al tener 97% del empleo total clasificado en ese rubro económico. El segundo subcentro, localizado a lo largo de la avenida Vicente Guerrero y el bulevar Tomás Fernández, se especializa en la fabricación de equipo de transporte. Es decir, ambos subcentros concentran actividades manufactureras y de servicios y funcionan como espacios que cumplen la función de proveer actividades de servicios para el subcentro del corredor industrial de la avenida Pérez Serna.

El subcentro que se localiza en el Parque Industrial Juárez mantuvo el mismo tamaño que en 1994 pero redujo su densidad de empleo al pasar de 19.5 a 13.7 empleos por hectárea. Asimismo surgieron cuatro nuevos subcentros de empleo aislados formados por una AGEB de A-A, que no existía en 1994. Los cuatro subcentros de empleo restantes están formados por una AGEB de A-A. La excepción es el nuevo

CUADRO 4
Resumen de los resultados ILAE en Ciudad Juárez, Chihuahua (1994 y 2004)

<i>Categoría</i>	<i>Núms. de AGEB</i>	<i>Hectáreas</i>	<i>Densidad de empleo total</i>			
			<i>Mín.</i>	<i>Máx.</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación estándar</i>
Alto-alto	21	1 282.98	10.32	112.34	44.02	25.58
Bajo-bajo	55	6 155.49	0.0	7.89	0.95	1.44
Bajo-alto	9	789.28	0.0	7.34	2.60	2.09
Alto-bajo	1	274.26	15.71	15.71	15.71	0.0
Sin significancia	286	14 881.05	0.0	112.53	7.68	14.43

<i>Categoría</i>	<i>Núms. de AGEB</i>	<i>Hectáreas</i>	<i>Densidad de empleo total</i>			
			<i>Mín.</i>	<i>Máx.</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación estándar</i>
Alto-alto	20	1 036.72	12.81	118.93	850.92	29.70
Bajo-bajo	130	7 527.06	0.0	4.16	0.51	0.82
Bajo-alto	21	1 437.54	0.0	9.22	4.04	2.89
Alto-bajo	3	31.48	21.76	204.16	82.97	85.69
Sin significancia	385	20 277.19	0.0	256.71	11.93	24.88

FUENTE: Elaboración propia con base en los *Censos Económicos* (INEGI, 1994 y 2004).

agrupamiento que se localiza en el suroriente de la ciudad, en el Parque Industrial Intermex, y consta de dos AGEB de A-A.

Por otra parte, otras formas de asociación espacial local que incluyen los agrupamientos de AGEB bajo-bajo (B-B) se incrementaron al pasar de 55 AGEB en 1994 a 130 en 2004. La mayoría de las AGEB se localizan en la periferia de la ciudad en ambos años. Asimismo fueron significativas nueve AGEB bajo-alto (B-A) en 1994, pero aumentaron a 21 en 2004; la mayoría de las AGEB se ubican sobre los principales ejes viales de la ciudad. Finalmente sólo había una AGEB alto-bajo (A-B) en el año 1994, pero se incrementó a tres en 2004, y se localizan en el suroriente de la ciudad.

En 1994 el porcentaje de las observaciones que se caracterizaron por presentar autocorrelación espacial positiva fue de 26.5 y concentraron 25% del empleo de la ciudad. En 2004 el porcentaje de las observaciones que se distinguieron por presentar autocorrelación espacial positiva fue de 38.95 de todas las áreas, pero concentraron 12% del empleo de la ciudad. Estos resultados confirman que el nivel promedio de la autocorrelación espacial local entre los resultados significativos se incrementó durante el periodo de análisis.

Conclusiones

El presente artículo busca contribuir a la discusión sobre la formación de centros y subcentros de empleo en una zona metropolitana con una fuerte base económica industrial como Ciudad Juárez, Chihuahua. El estudio muestra que el análisis exploratorio de datos espaciales, como los indicadores de autocorrelación espacial global y local, es una herramienta poderosa para poder identificar subcentros de empleo. Los resultados del I de Moran y el diagrama de dispersión del I de Moran revelan una autocorrelación espacial global y que el empleo de comercio y servicios se agrupa alrededor del DCN y sobre las principales vialidades; exponen además la presencia de otros subcentros de empleo aislados que se localizan en algunos de los parques industriales y que tienen una localización muy lejana al DCN en ambos años, lo que confirma la heterogeneidad espacial en la ciudad.

Los mapas del ILAE permiten identificar el patrón de distribución espacial del empleo en dos puntos en el tiempo y muestran su proceso de descentralización. En 1994 la ciudad presenta dos agrupamientos de AGEB de alta-alta densidad de empleo; el primer subcentro se loca-

liza en el DCN y el segundo en el corredor industrial de la avenida Rafael Rivera Lara, el cual tiene la particularidad de combinar empleos industriales y de servicios. Los subcentros restantes son cuatro, se especializan en empleo industrial y se localizan de manera dispersa a lo largo de las principales vialidades que comunican a los puertos internacionales y las áreas residenciales.

En el año 2004 sólo tres de los subcentros localizados en 1994 mostraron agrupamientos de AGEB de A-A por concentrar una alta densidad de empleo (DCN, corredor industrial de la avenida Rafael Pérez Serna y Parque Industrial Juárez).

En el DCN se aprecia una reducción en el crecimiento del empleo en el periodo como resultado de presentar deseconomías de aglomeración derivadas del alto costo del suelo, el congestionamiento vehicular, el envejecimiento de la infraestructura y la criminalidad; sin embargo continúa mostrando la más alta jerarquía urbana de la ciudad.

Llama la atención el agrupamiento de AGEB de A-A que se localiza en el corredor industrial de la avenida Rafael Pérez Serna pues se caracteriza por tener tanto empleo manufacturero como de servicios. Dicho subcentro evidencia el papel que juegan las economías de la red de comunicación a partir de una fuerte inversión de infraestructura en comunicaciones. La presencia de ramas económicas del subsector manufacturero –como la fabricación de equipo de transporte y de cómputo y comunicación– y del de servicios –como el rubro de apoyo a negocios, manejo de desechos y servicios de remediación– es un ejemplo claro de la presencia de economías de aglomeración.

El resto de los subcentros de empleo manufacturero muestran un patrón de localización disperso sobre las principales vialidades. El crecimiento de los subcentros de empleo se explica por el peso económico que representa la industria maquiladora en la ciudad.

Los resultados que muestran la distribución del empleo fuera del DCN –por la presencia de deseconomías de aglomeración y la formación de subcentros de empleo manufacturero producto de las economías de aglomeración– evidencian la presencia de una estructura urbana policéntrica en la ciudad. Dichos resultados también tienen implicaciones en términos de política de planeación urbana, pues si se busca fortalecer el proceso de descentralización del empleo es necesario desarrollar infraestructura de transporte para facilitar el acceso a los diferentes subcentros.

Una de las principales limitaciones del estudio fue la falta de información estadística de otros sectores de la economía para ser inte-

grada en éste. De igual manera, es pertinente replicar el estudio con información más reciente para confirmar los presentes hallazgos.

Bibliografía

- Aguilar, Adrián y Concepción Alvarado (2004), "La reestructuración del espacio urbano de la Ciudad de México: ¿hacia la metrópoli multinodal?", en Adrián Guillermo Aguilar (coord.), *Procesos metropolitanos y grandes ciudades*, México, Instituto de Geografía, UNAM / Miguel Ángel Porrúa.
- Aguilar, Adrián Guillermo y Pablo Mateos (2011), "Diferenciación sociodemográfica del espacio urbano de la Ciudad de México", *Eure*, vol. 37, núm. 110, pp. 5-30.
- Alegría, Tito (2004), "Estructura intraurbana y segregación social: el caso de Tijuana", en Roberto García Ortega (comp.), *Contradicciones entre planificación y realidades regionales, metropolitanas y socioambientales*, Tijuana, Colef / UANL, pp. 149-182.
- Alonso, William (1964), *Location and Land Use*, Cambridge, Harvard University Press.
- Annas, Alex, Richard Arnott y Kennet Small (1997), "Urban Spatial Structure", documento de trabajo, Berkeley, University of California Transportation Center (Working Paper UCTC, 957).
- Anselin, Luc (1995), "Local Indicators of Spatial Association LISA", *Geographical Analysis*, vol. 27, pp. 93-115.
- Anselin, Luc (2001), "Spatial Econometrics", en Badi H. Baltagi (coord.), *Companion to Theoretical Econometrics*, Oxford, Basil Blackwell.
- Anselin, Luc (2002), "Under the Hood: Issues in the Specification and Interpretation of Spatial Regression Models", *Agricultural Economics*, vol. 27, pp. 247-267.
- Anselin, Luc (2005), *Exploring Spatial Data with GeoDa™: A Workbook*, Urbana, Center for Spatially Integrated Social Science.
- Anselin, Luc, Ibnu Syabri y Oleg Smirnov (2002), *Visualizing Multivariate Spatial Correlation with Dynamically Linked Windows*, Urbana, Regional Economics Application Laboratory (REAL), University of Illinois.
- Baumont, Catherine, Cem Erthur y Julie Le Gallo (2004), "Spatial Analysis of Employment and Population Density: The Case of the Agglomeration of Dijon 1999", *Geographical Analysis*, vol. 36, núm. 2, pp. 146-176.
- Berry, Brian y John Parr (1988), *Market Centers and Retail Location*, Englewood Cliff, Prentice Hall.
- 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 José Luis Luzón, Christoph Stadel y César Borges (coords.), *Transformaciones regionales y urbanas en Europa y América Latina*, Barcelona Universidad de Barcelona.

- Capello, Roberta (2006), *Regional Economics*, Abingdon, Routledge.
- Cervero, Robert y Kang-Li Wu (1997), "Polycentrism, Commuting and Residential Location in the San Francisco Bay Area", *Environment and Planning*, vol. 29, núm. 99, pp. 865-886.
- Chen, Hsin-Ping (1997), "Models of Urban Population and Employment Density: The Spatial Structure of Monocentric and Polycentric Functions in Greater Taipei and a Comparison to Los Angeles", *Geographical and Environmental Modeling*, vol. 1, pp. 135-151.
- Cliff, Andrew David y John Keith Ord (1981), *Spatial Processes: Models and Applications*, Londres, Pion.
- Coffey William y Richard Shearmur (2002), "Agglomeration and Dispersion of High-Order Service Employment in the Montreal Metropolitan Area 1981-1996", *Urban Studies*, vol. 39, pp. 359-378.
- Fuentes, César (2001), "Los cambios en la estructura intraurbana de Ciudad Juárez, Chihuahua, de monocéntrica a multicéntrica", *Frontera Norte*, vol. 13, núm. 25, pp. 95-118.
- Fuentes, César (2009), "La estructura espacial urbana y accesibilidad diferenciada a centros de empleos en Ciudad Juárez, Chihuahua", *Región y Sociedad*, vol. 23, núm. 1, pp. 35-56.
- Fuentes, César y Sergio Peña (2010), "Globalization and its Effects on the Urban Socio-Spatial Structure of a Transfrontier Metropolis: El Paso, TX-Ciudad Juárez, Chih.- Sunland Park, NM", en Kathleen Staudt, César Fuentes y Julia Monárrez (coords.), *Cities and Citizenship at the U.S.-Mexico Border*, Nueva York, Palgrave MacMillan, pp. 93-118.
- Fujita, Masahisa e Hideaki Ogawa (1982), "Multiple Equilibria and Structural Transition of Non-Monocentric Urban Configurations", *Regional Science and Urban Economics*, vol. 12, pp. 161-196.
- Fujita, Masahisa, Jacques-Francois Thisse e Yves Zenon (1997), "On the Endogenous Formation of Secondary Employment Centers in a City", *Journal of Urban Economics*, vol. 41, pp. 337-357.
- García, Miguel Ángel e Iván Muñiz (2005), "Descentralización del empleo: ¿compactación policéntrica o dispersión? El caso de la región metropolitana de Barcelona 1986-1996", documento de investigación, Barcelona, Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Universidad Autónoma de Barcelona, pp. 1-25 (DI, 05.05).
- Garrocho, Carlos y Juan Campos (2007), "La estructura policéntrica del empleo en el área metropolitana de Toluca, 1994-2004", *Papeles de Población*, vol. 52, pp. 110-135.
- Gary, Pivo (1990), "The Net of Mixed Beads: Suburban Office Development in Six Metropolitan Regions", *Journal of the American Planning Association*, vol. 56, núm. 4, pp. 457-470.
- Graizbord, Boris y Beatriz Acuña (2004), "La estructura polinuclear del Área Metropolitana de la Ciudad de México", en Adrián Guillermo Aguilar

- (coord.), *Procesos metropolitanos y grandes ciudades*, México, Instituto de Geografía, UNAM / Miguel Ángel Porrúa, pp. 309-327.
- Giuliano, Genevieve y Kenneth Small (1991), "Subcenters in the Los Angeles Region", *Regional Science and Urban Economics*, vol. 21, pp. 163-182.
- Guillain, Rachel y Julie Le Gallo (2004), *The Evolution of the Spatial and Sectoral Patterns in Île-de-France over 1978-1997* <[http://ideas.repec.org/p/wiwr/wiwr/wiwr/ersa04p59.html](http://ideas.repec.org/p/wiwr/wiwr/wiwr/wiwr/ersa04p59.html)> (15 de octubre de 2013).
- Guillain, Rachel y Julie Le Gallo (2009), "Employment Density in Île-de-France: Evidence from Local Regressions", en Antonio Páez, Julie Le Gallo, Ron N. Buliung y Sandy Dallerba (coords.), *Progress in Spatial Analysis: Theory and Computation, and Thematic Applications*, Berlín, Springer-Verlag, pp. 277-300.
- Guillain, Rachel, Julie Le Gallo y Céline Boiteux-Orain (2006), "Changes in Spatial and Sectoral Patterns of Employment in Île-de-France 1978-1997", *Urban Studies*, vol. 43, num. 11, pp. 2075-2098.
- Hongfei, Li, Catharine Calder y Noel Cressie (2007), "Beyond Moran's I: Testing for Spatial Dependence Based on the Spatial Autoregressive Model", *Geographical Analysis*, vol. 39, pp. 357-375.
- Hotchkiss, David y Michelle White (1993), "A Simulation Model of a Decentralized Metropolitan Area with Two-Worker, 'Traditional' and Female-Headed Households", *Journal of Urban Economics*, vol. 34, pp. 159-185.
- INEGI (1980), *X Censo General de Población y Vivienda*, México, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
- INEGI (1990), *XI Censo General de Población y Vivienda*, México, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
- INEGI (1994), *Censos Económicos*, México, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
- INEGI (2000), *XII Censo General de Población y Vivienda*, México, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
- INEGI (2004), *Censos Económicos*, México, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
- INEGI (2005), *II Conteo de Población y Vivienda*, México, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
- Janoschka, Michael (2002), "El nuevo modelo de la ciudad latinoamericana: fragmentación y privatización", *Eure*, vol. 28, núm. 85, pp. 11-29.
- Lucas, Robert Emerson Jr. y Esteban Rossi-Hansberg (2002), "On the Internal Structure of Cities", *Econometrica*, vol. 70, pp. 1445-1476.
- Messner, Steven F. y Luc Anselin (2002), "Spatial Analyses of Homicide with Areal Data", en Michael F. Goodchild y Donald G. Janelle (coords.), *Spatially Integrated Social Science*, Nueva York, Oxford University Press.
- Mills, Edwin Smith (1972), *Studies in the Structure of the Urban Economy*, Baltimore, Johns Hopkins University Press.
- Moran, P.A.P. (1948), "The Interpretation of Statistical Maps", *Journal of the Royal Statistical Society, Series B*, vol. 10, núm. 2, pp. 243-251.

- Muth, Robert (1969), *Cities and Housing: The Spatial Pattern of Urban Residential Land Use*, Chicago, University of Chicago Press.
- Ogawa, Hideaki y Masahisa Fujita (1980), "Equilibrium Land Use Patterns in a Nonmonocentric City", *Journal of Regional Science*, vol. 20, pp. 455-475.
- Palivos, Theodore y Ping Wang (1996), "Spatial Agglomeration and Endogenous Growth", *Regional Science and Urban Economics*, vol. 26, pp. 645-669.
- Parr, John B. (2002), "Agglomeration Economies: Ambiguities and Confusions", *Environment and Planning A*, vol. 34, pp. 717-731.
- Ramírez, Luz Dary (2008), "Revisión teórica de la estructura espacial y la identificación de subcentros de empleo", *Ensayos de Economía*, núm. 33, pp.141-178.
- Redfearn, Christian, Genevieve Giuliano, Ajay Agarwal, Sylvia He y Lingqian Hu (2008), "Network Accessibility and the Evolution of Urban Employment", documento de trabajo, Los Ángeles, Metrans (Proyecto 06-16).
- Rodríguez-Gómez, Liz y Sandy Dallerba (2012), "Spatial Distribution of Employment in Hermosillo, 1999-2004", *Urban Studies*, vol. 49, núm. 16, pp. 3663-3678.
- Ross, Stephen y John Yinger (1995), "Comparative Static Analysis of Open Urban Models with a Full Labor Market and Suburban Employment", *Regional Science and Urban Economics*, vol. 25, pp. 575-605.
- Sedesol (2005), *Delimitación de las zonas metropolitanas en México*, México, Secretaría de Desarrollo Social.
- Shearmur, Richard, William Coffey, Christian Dube y Remy Barbonne (2007), "Intrametropolitan Employment Structure: Polycentricity, Scatteration, Dispersal and Chaos in Toronto, Montreal and Vancouver, 1996-2001", *Urban Studies*, vol. 44, núm 9, pp. 1713-1738.
- Song, Shunfeng (1994), "Modeling Worker Residence Distribution in Los Angeles Region", *Urban Studies*, vol. 31, núm. 9, pp. 1533-1544.
- Sullivan, Alexander Martin (1986), "A General Equilibrium Model with Agglomerative Economics and Decentralized Employment", *Journal of Urban Economics*, vol. 20, pp. 55-75.
- Von Thünen, Johann Heinrich (1966) [1826], *Der Isolierte Staat in Beziehung auf Landschaft und Nationalökonomie*, Hamburgo-Oxford, Perthes / Pergamon Press (traducción de C.M. Wartenburg).
- Wadell, Paul y Vibhooti Shukla (1993), "Employment Dynamics, Spatial Restructuring and the Business Cycle", *Geographical Analysis*, vol. 25, pp. 35-52.
- Wieand, Kenneth (1987), "An Extension of the Monocentric Urban Spatial Equilibrium Model to a Multi-Center Setting: The Case of Two Center City", *Journal of Urban Economics*, vol. 21, pp. 259-271.
- Yáñez Contreras, Marta y Karina Acevedo González (2010), "Determinantes de la estructura espacial del empleo en Cartagena", *Sociedad y Economía*, núm. 19, pp. 179-204.

Acerca de los autores

César M. Fuentes Flores es maestro en Desarrollo Regional por El Colegio de la Frontera Norte y doctor en Planeación Urbana y Regional por la Universidad del Sur de California. Desde 1990 se desempeña como profesor investigador en El Colegio de la Frontera Norte (Colef), adscrito al Departamento de Estudios Urbanos y Medio Ambiente, en la sede de Ciudad Juárez, Chihuahua. Desde 2010 es Director Regional Noroeste del Colef. Sus líneas de investigación son: estructura urbana, vivienda, transporte y violencia urbana. Pertenece al Sistema Nacional de Investigadores, nivel II.

Ha publicado más de treinta artículos en revistas especializadas nacionales e internacionales y quince capítulos en libros. Es coordinador del libro *Planeación binacional y cooperación transfronteriza en la frontera México-Estados Unidos*, Colef / UACJ, 2005; autor del libro *Inversión en infraestructura pública y productividad regional de la industria manufacturera en México*, Colef / Plaza y Valdés, 2007; coordinador –junto con Kathleen Staudt y Julia Monárrez– del libro *Cities and Citizenship at the US-Mexico Border: El Paso del Norte Metropolitan Region*, Palgrave, 2010; coordinador –junto con Julia Monárrez, Luis Cervera y Rodolfo Rubio– del libro *Violencia contra las mujeres e inseguridad ciudadana en Ciudad Juárez*, Colef / Porrúa, 2011; y coordinador –con Luis Cervera, Julia Monárrez Fragoso y Sergio Peña– del libro *Espacio público y género en Ciudad Juárez, Chihuahua: accesibilidad, sociabilidad, participación y seguridad*, Colef / UACJ, 2011. Ha participado en más de cincuenta conferencias en México, Estados Unidos y Canadá, así como en varios países de Sudamérica y Europa.

Vladimir Hernández Hernández es geógrafo con maestría en Desarrollo Regional y doctorado en Ciencias Sociales por El Colegio de la Frontera Norte. Desde 2010 se desempeña como profesor investigador en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ), Chihuahua, adscrito al Departamento de Arquitectura. Desde 2012 es coordinador de la maestría en Planificación y Desarrollo Urbano en dicha universidad. Su actividad docente la realiza en las licenciaturas de Geoinformática y de Arquitectura, en la maestría en Planificación y Desarrollo Urbano, y en el doctorado en Estudios Urbanos. Sus líneas de investigación son: geografía urbana, análisis espacial urbano-regional y seguridad vial. Es candidato en el Sistema Nacional de Investigadores. Ha sido responsable técnico en proyectos de Ciencia Básica, Fomix y

Equipamiento e Infraestructura financiados por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Ha publicado doce artículos en revistas nacionales e internacionales y capítulos de libro. Es autor del libro *Evaluación estratégica de la iniciativa de seguridad vial que impulsa el Cenapra: el caso de Ciudad Juárez, México, 2008-2010*, UACJ, 2011 y coordinador del libro *Geografía del riesgo vial. Siniestros de tránsito en Ciudad Juárez*, UACJ, México, 2012.

