

DISPARIDADES MUNICIPALES EN DESARROLLO HUMANO EN OAXACA: EVIDENCIA DESDE UN ENFOQUE ESPACIAL

MUNICIPAL DISPARITIES IN HUMAN DEVELOPMENT IN OAXACA: EVIDENCE FROM A SPATIAL APPROACH

Víctor Manuel Gerónimo Antonio
Universidad del Mar (UMAR) México
vm.geronimo85@gmail.com

RESUMEN

El objetivo de este artículo es estudiar la dimensión espacial de las desigualdades intermunicipales del estado de Oaxaca, México, mediante el uso de las técnicas de análisis exploratorio de datos espaciales. A través del estadístico I de Moran global y los indicadores locales de asociación espacial (LISA) se encontró evidencia de autocorrelación espacial significativa así como de heterogeneidad espacial en la distribución municipal del Índice de Desarrollo Humano (IDH) para los años 2000 y 2010. Los resultados sugieren que existen patrones espaciales definidos de desarrollo humano, esto es, la presencia de un esquema de polarización, reflejando que los agrupamientos municipales de alto IDH tienden a concentrar las oportunidades de desarrollo humano; en cambio, los agrupamientos municipales de bajo IDH pueden ser interpretados como trampas espaciales al permanecer rezagados durante el periodo analizado.

Palabras clave: Índice de desarrollo humano, autocorrelación espacial, Índice de Moran, desigualdad, Oaxaca

Clasificación JEL: O15, O18, R58

ABSTRACT

The aim of this paper is to study the spatial dimension of intermunicipal inequalities in Oaxaca, Mexico, by using the techniques of Exploratory Spatial Data Analysis. The global Moran's *I* statistic and Local Indicators of Spatial Association (LISA) provides evidence of significant spatial autocorrelation as well as spatial heterogeneity in the municipal distribution of Human Development Index (HDI) from 2000 and 2010. The results suggest that there are spatial patterns defined of human development, for example, the presence of a polarization scheme, traducing that municipal clusters of high HDI tend to concentrate the human development opportunities; on the other hand, the municipal clusters of low HDI could be interpreted as spatial traps to remain lagging over the study period.

Key words: Human Development Index, spatial autocorrelation, Moran's *I*, inequality, Oaxaca.

1. INTRODUCCIÓN

Las diferencias en los niveles de desarrollo humano constituyen un problema en materia de equidad, ya que frecuentemente tienen efectos adversos en el bienestar individual y social. En el aspecto individual, “estas discrepancias reflejan un acceso desigual a las oportunidades, es decir, en qué medida las personas se encuentran limitadas en sus posibilidades de desarrollo por factores como el género, el nivel socioeconómico y la ubicación geográfica” (Martínez, Flamand y Hernández, 2008: 147). En el ámbito social dichas diferencias pueden impedir el logro de beneficios colectivos en diversas áreas, tales como la reducción de la pobreza, cuidado del medio ambiente, menor delincuencia, estabilidad política, mayor democracia, igualdad de géneros y mayor cohesión social (Sen, 2000a; 2000b; Anand y Ravallion, 1993).

Debido a las repercusiones por las diferencias en los niveles de desarrollo humano una serie de trabajos se han interesado en analizar esta problemática bajo un contexto territorial, con el uso de datos agrupados a nivel de países y/o para sus divisiones geográficas administrativas (v. gr. regiones, estados, municipios, provincias y comunas). La evidencia empírica ha documentado la presencia de estas desigualdades al analizar el Índice de desarrollo humano (IDH) para distintos grupos de países (Stewart, 2010; Fosu y Mwabu, 2010; Ram, 2009; Gray y Purser, 2010; Mayer-Fulkes, 2010; Torres y Allepuz, 2009). Estas diferencias son más acentuadas y muestran una tendencia creciente a través del tiempo al interior del territorio de varios países en desarrollo de Asia, Europa y África (Kanbur y Venables, 2005; Kanbur, Venables y Wan, 2006). En el caso de América Latina, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) identifica a la región como la que tiene un desarrollo más desigual y ubica a México entre los países con mayor disparidad (CEPAL, 2013).

En esta misma línea varios estudios han evidenciado la existencia de marcadas asimetrías en desarrollo humano entre las entidades federativas (Jarque y Medina, 1998; Esquivel, López y Vélez, 2003; López y Vélez, 2006; Miguel, Maldonado y Torres, 2007) y entre municipios dentro de los estados de México (PNUD, 2008, 2014; Conapo, 2001; Permanyer, 2013). Al respecto, Permanyer (2013) sugiere que las diferencias entre los municipios pueden relacionarse con la ubicación geográfica, pues los de alto desarrollo humano se sitúan principalmente en el norte del país y en las áreas urbanas; en cambio, los de bajo desarrollo humano se encuentran ubicados en el sur y en las zonas rurales.

Al abordar la cuestión de las desigualdades regionales en desarrollo humano, los estudios empíricos usualmente se realizan desde la perspectiva de análisis de datos tradicionales a partir del cálculo de rangos de desarrollo humano para los distintos países y para sus divisiones geográficas administrativas. No obstante, el tratamiento de la dimensión espacial del desarrollo humano y los efectos de vecindad están notoriamente ausentes en los trabajos previos. Como alternativa a este tipo de análisis, Fotheringham y Charlton (1994) han sugerido la incorporación de un enfoque espacial,

el cual tiene como argumento central que la integración de Sistemas de información geográfica (SIG) y la exploración de datos espaciales permite identificar patrones y relaciones espaciales subyacentes en los datos. En el enfoque espacial no solo interesa conocer el nivel de desarrollo humano de las regiones, sino también cómo se interrelacionan espacialmente.

El propósito del presente estudio es contribuir al análisis de las disparidades intrarregionales en desarrollo humano para el estado de Oaxaca, entidad de México que se ha caracterizado por su extrema pobreza y bajos niveles de desarrollo humano. Se utilizan datos del Índice de desarrollo humano (IDH) de los municipios oaxaqueños para los años 2000 y 2010. Se emplean los métodos del análisis exploratorio de datos espaciales (AEDE)¹ con el objeto de investigar, entre otros fenómenos regionales, la existencia de una interrelación espacial entre el nivel de desarrollo humano de los municipios; de qué manera esta interrelación tiende a conformar agrupamientos municipales con niveles similares de desarrollo; y si estos agrupamientos han cambiado a lo largo de la década de estudio. Este tipo de fenómenos implica identificar la existencia de dos efectos espaciales: por un lado, a través de un análisis de autocorrelación espacial univariado, se busca corroborar la presencia de dependencia espacial en la distribución espacial de los indicadores de desarrollo humano; por otro, se investiga la potencial heterogeneidad espacial dentro del área estudiada. Asimismo, mediante un análisis de autocorrelación bivariado se examina la dimensión espacio-temporal de los patrones de agrupamiento en desarrollo humano para los dos años analizados.

De igual manera, esta investigación aporta evidencia empírica que se suma a la existente para otros países y regiones que analizan los efectos espaciales en la distribución del IDH, entre ellos los realizados para el estado de Assiut en Egipto (Abdel-Samad, 2010) y el municipio de São Paulo en Brasil (Haddad y Nedović-Budić, 2006; Haddad, 2009). En esta línea, algunos trabajos recientes han realizado aportes en el análisis de la desigualdad regional e interregional del ingreso para las entidades federativas mexicanas (Aroca, Bosh y Maloney, 2005; Rey y Sastré, 2010;

1 *Exploratory Spatial Data Analysis* (ESDA) por sus siglas en inglés.

Sastré y Rey, 2013); sin embargo, son necesarios los estudios en regiones específicas y a escalas menores como la municipal. Entre otros, dichas investigaciones pueden ser de utilidad para orientar las políticas sociales con focalización geográfica encaminadas a impulsar el desarrollo integral de los municipios con los mayores rezagos, este es el caso del Programa para el desarrollo de zonas prioritarias (PDZP).

El estudio se encuentra estructurado de la siguiente forma: en la primera sección se introduce brevemente a las desigualdades regionales en el desarrollo humano y se destaca el papel que pudieran tener los efectos espaciales en el estudio de esta problemática; en la segunda se describen los datos, los aspectos metodológicos y las técnicas de análisis utilizadas; en la tercera sección se exponen los resultados empíricos del análisis espacial; en la cuarta se discuten las conclusiones.

2. LAS DISPARIDADES REGIONALES EN DESARROLLO HUMANO Y LOS EFECTOS ESPACIALES

El desarrollo humano es considerado como un enfoque holístico que propone estudiar el bienestar y la calidad de vida de un individuo o de un grupo de personas desde una forma distinta al enfoque económico (Sen, 2000b). El planteamiento central del desarrollo humano establece que el bienestar de los individuos se expresa a través de la expansión de sus capacidades humanas, es decir, en la ampliación de las oportunidades a las que tienen acceso dichos individuos para elegir el tipo de vida que consideran valioso (Nussbaum y Sen, 1996; Sen, 2000a, 2000b). Existen numerosos debates conceptuales e indicadores orientados a la medición de las capacidades de las personas, uno de ellos es el IDH propuesto por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD); este índice permite evaluar el nivel de desarrollo humano promedio de la población de un país que considera tres componentes: 1) salud, medida por la esperanza de vida al nacer; 2) educación, medida por la tasa de alfabetización de adultos y la tasa bruta combinada de matriculación en educación primaria, secundaria y terciaria; y 3) ingreso, medido por el Producto Interno Bruto per cápita (PNUD, 1990).

El estudio sobre el desarrollo humano recibió mayor atención a partir de la publicación del primer *Informe sobre desarrollo humano* realizado por el PNUD en 1990. En este informe y en trabajos posteriores se mostró que existe un patrón de desarrollo humano desigual entre países y al interior de los mismos. Dichas discrepancias reflejan un acceso diferenciado a las oportunidades que repercuten de manera directa en aquello que las personas están en condiciones de ser y de hacer, es decir, influyen en las capacidades de los seres humanos (Sen, 1996). En este sentido, se asume que las diferencias en los niveles de desarrollo humano afectan de manera negativa al bienestar de algunos segmentos de la población.

Hay varios elementos que explican el nivel de desarrollo humano desfavorable de las personas ante un acceso desigual a las oportunidades. Un elemento central es la interrelación existente entre un tipo de oportunidad y otro; en otros términos, el acceso desigual a dichas oportunidades no se presenta de manera aislada, sino que crea estructuras de desventajas que se refuerzan unas a otras, y reduce las posibilidades de salir de una situación de bajo desarrollo humano (Sen, 2000a). Por lo tanto, las personas que no disfruten de ciertas oportunidades fundamentales podrían tener dificultades no solamente para acceder a muchas otras opciones de vida, sino también para fortalecer las limitadas oportunidades a las que tienen acceso (Sen, 2000a). Por ejemplo, una persona que no sabe leer ni escribir posiblemente tendrá dificultades tanto para acceder a conocimientos e información socialmente valiosos como para obtener un empleo bien remunerado; la falta de un empleo bien remunerado podría impedir, a su vez, el acceso a ingresos monetarios suficientes para pagar servicios sanitarios y educativos adecuados.

Se han realizado diversos trabajos con el objeto de proporcionar mayores elementos que permitan ampliar el estudio sobre las desigualdades en el desarrollo humano. Como resultado de estos avances se encuentra el proyecto titulado “*Disparidades espaciales en el desarrollo humano*” impulsado en el año 2002 por el Instituto Mundial de Investigaciones de Economía del Desarrollo, de la Universidad de las Naciones Unidas (UNU-WIDER), que incluye el análisis de 58 países. Los resultados principales de los casos estudiados indican fuertes desigualdades entre las distintas

divisiones geográficas administrativas de los países, en términos de ingreso y en otros indicadores socioeconómicos, entre ellos el IDH. Asimismo, en 26 de los países — entre ellos México, China, Rusia, India y Sudáfrica — se identifica una tendencia creciente de las diferencias regionales a través del tiempo (Kanbur y Venables, 2005; Kanbur, Venables y Wan, 2006). Un aspecto relevante del proyecto es su particular atención al concepto de espacio, sin embargo, se le da un tratamiento reducido como simple contenedor de la vida y actividad humana, como lugar donde acontecen los procesos socioeconómicos.

No obstante, aunque los estudios previos han analizado y discutido ampliamente el tema de las diferencias regionales en desarrollo humano desde marcos analíticos y metodológicos diversos, en general se carece de trabajos que permitan conocer si tales diferencias coexisten con un patrón espacial, por ejemplo, la presencia de agrupamientos espaciales (*spatial clusters*). Por *spatial cluster* se entiende aquellos grupos de regiones que muestran atributos similares, existencia de una interrelación espacial entre los mismos y comparten un área geográfica determinada (Messner *et al.*, 1999: 439). En este sentido, los trabajos previos han estudiado el nivel de desarrollo humano de las regiones como individuales e independientes de otras, ya que con frecuencia no toman en cuenta la ubicación y la contigüidad geográfica, aspectos relevantes a considerar debido a la estrecha interrelación que pudiera existir entre el nivel de desarrollo humano de una región determinada y sus vecinas (Rey y Montouri, 1999).

Lo anterior tiene relevancia debido a que existe un reconocimiento creciente del papel del espacio en el estudio de las disparidades socioeconómicas regionales (Haining, 1993; Goodchild *et al.*, 2000; Goodchild y Janelle, 2010; Anselin, 1999; Janikas y Rey, 2005). El interés en el espacio surge porque se ha observado que los niveles de bienestar social y económico, así como las características demográficas (raza, etnia, género, edad, etc.) se manifiestan de manera distinta entre y al interior de las regiones (Lobao, Hooks y Tickamyer, 2007; Lobao y Hooks, 2007). Incluso se ha sugerido que el espacio es un elemento fundamental de estudio para comprender de una manera amplia el dinamismo de determinadas regiones y sus relaciones con otras (Rey y Montouri, 1999; Aroca y Bosch,

2000). Este dinamismo se basa en la idea de que la contigüidad geográfica entre las regiones conduce al surgimiento de interdependencias entre las mismas; es decir, el nivel socioeconómico de una región puede estar afectado por el de las regiones vecinas, como consecuencia la proximidad a un área próspera puede tener una influencia positiva en el desarrollo de una región y, alternativamente, estar cerca de un entorno socioeconómico rezagado puede tener un efecto adverso (Rey y Montouri, 1999).

Aunque el estudio sobre los efectos del espacio ha sido paulatino, diversos esfuerzos multidisciplinarios se han realizado desde la perspectiva teórica, metodológica y empírica. Dentro del campo teórico, la geografía considera el espacio para el estudio de la sociedad humana; para ello se apoya en conceptos espaciales, tales como la distancia, la localización, la interacción espacial y la contigüidad geográfica (Goodchild *et al.*, 2000; Goodchild y Janelle, 2010). La sociología postula que el espacio tiene una connotación amplia, de modo que "...este no está determinado ni definido sólo por el espacio físico geográfico, por el contrario implica ir más allá de su naturaleza *sui generis*..." (Hooks, Lobao y Tickamyer, 2007: 259). Por esta razón, se considera que el espacio puede conducir a que las desigualdades se acentúen o se reduzcan, pues se argumenta que el espacio y la desigualdad están interrelacionados (Tickamyer, 2000; Lobao, Hooks y Tickamyer, 2007). En el caso de la economía surgió la Nueva geografía económica (NGE), la cual incorpora aspectos espaciales para explicar las fuerzas de aglomeración, es decir, porqué las actividades económicas se concentran en un determinado lugar y no en otro (Krugman, 1992; Fujita, Krugman y Venables, 2000).

Desde la perspectiva metodológica destaca el desarrollo de nuevas herramientas y métodos que permiten analizar los posibles efectos ocasionados por el espacio en las disparidades socioeconómicas. Tal es el caso de la econometría espacial, que trata a los efectos espaciales en un modelo econométrico (Anselin, 1988). Por su parte, el análisis exploratorio de datos espaciales (AEDE) no sólo permite visualizar la variable bajo estudio, sino también explorar cómo se relaciona en el espacio e identificar patrones espaciales (Anselin, 1995, 1996). Otra herramienta más es la referente a los Sistemas de información geográfica (SIG), que

han simplificado la obtención, manipulación y análisis de datos espaciales (Fotheringham y Charlton, 1994).

En relación con la perspectiva empírica, varios trabajos señalan que la consideración de los efectos espaciales permite explicar algunos de los procesos socioeconómicos asociados a las disparidades regionales (Aroca y Bosch, 2000; Le Gallo y Ertur, 2003; Dall’Erba, 2005; Patacchini y Rice, 2007; Celebioglu y Dall’Erba, 2010; Rey y Sastré, 2010). A partir de la identificación de la existencia de un alto grado de dependencia espacial en las muestras utilizadas, los autores coinciden en que en el análisis de las regiones se debe considerar la localización geográfica y los vínculos potenciales interregionales. Adicionalmente, agregan que el nivel socioeconómico de una región es producto del desempeño de las regiones geográficamente contiguas y no solo de sus condiciones internas.

En suma, puede señalarse que la definición del espacio incluye a los procesos sociales y a la dinámica económica de las regiones. Ambos son consecuencia de factores internos, es decir, propios de la región y de otros que son externos. Estos procesos sociales de interacción se han tornado más complejos por la incidencia que tienen en el desarrollo de las regiones factores tales como la inversión extranjera directa, el flujo de insumos, mercancías y conocimientos que se han incrementado desde principios de los ochenta con la apertura económica y la restructuración del orden de gobierno (Harvey, 2006; Sokol, 2011). En este sentido, se asume que el surgimiento de regiones desarrolladas y atrasadas son el resultado de los procesos espaciales, como difusión, intercambio y transferencia, interacción y procesos de dispersión (Haining, 1993: 24-25). La posibilidad de abordar estas cuestiones implica utilizar explícitamente técnicas de análisis de datos espaciales.

3. DATOS Y METODOLOGÍA

3.1. Unidad de análisis y datos

El estudio se enfoca al área conformada por los municipios del estado de Oaxaca, al sur de México. De acuerdo con los datos del IDH del año 2010, Oaxaca es una de las entidades con menor grado de desarrollo humano en el país, junto con Veracruz, Guerrero y Chiapas. Asimismo, al interior del territorio oaxaqueño se presenta el mayor contraste (más de 50%) entre sus municipios al observar el valor máximo y mínimo del IDH para el 2010 (PNUD, 2014). Esta situación de contraste pudiera tener manifestaciones espaciales explícitas en forma de agrupamientos municipales altamente desarrollados y de otros que van quedando rezagados y, al mismo tiempo, pudiera estar limitando las posibilidades de reducción de las desigualdades. Es por ello que Oaxaca se considera como uno de los territorios propicios para estudiar las disparidades municipales en desarrollo humano desde una perspectiva espacial.

Se utilizan como atributos geográficos los datos del índice de desarrollo humano de 562 municipios del estado de Oaxaca para los años 2000 y 2010. Los índices son calculados por la Oficina de investigación en desarrollo humano (OIDH) del PNUD. A pesar de que el IDH ha recibido varias críticas en términos de su medición (Kelley, 1991; Sagar y Najam, 1998), se eligió este índice para su análisis debido a que es uno de los más reconocidos y aceptados para medir el nivel de desarrollo humano de las divisiones geográficas administrativas de los países. Para la construcción del IDH se determinan valores mínimos y máximos (valores de referencia) en cada dimensión, los cuales al ser normalizados se transforman a una escala lineal de 0 a 1. Seguidamente, se calcula el IDH como simple promedio de las tres dimensiones. De esta manera, un valor de IDH cercano a 1 corresponde a un alto desarrollo humano, caso contrario cuando el valor es cercano a 0 (PNUD, 2008). Cabe mencionar que, debido a las restricciones en la disponibilidad de información a nivel de municipios, para el cálculo del índice a escala municipal se realizaron algunos ajustes en los indicadores establecidos en su definición original (cuadro 1).

Cuadro 1*Variaciones en los indicadores empleados para el cálculo del IDH municipal*

<i>Dimensión</i>	<i>Indicadores establecidos por PNUD</i>	<i>Indicador utilizado a nivel municipal</i>
Salud	Esperanza de vida al nacer	Tasa de mortalidad infantil
Educación	Tasa de matriculación escolar	Tasa de asistencia escolar
	Tasa de alfabetización	Tasa de alfabetización
Ingreso	PIB per cápita anual en dólares ajustado por PPC	Ingreso promedio per cápita anual en dólares ajustado por PPC

Fuente: PNUD (2008).

3.2. Fundamentos metodológicos del AEDE

En el trabajo se emplean técnicas del Análisis exploratorio de datos espaciales (AEDE), las cuales permiten visualizar distribuciones espaciales, identificar localizaciones atípicas (*outliers* espaciales),² detectar patrones de asociación espacial (agrupamientos espaciales) y sugerir diferentes regímenes espaciales u otras formas de heterogeneidad espacial (Haining, 1993; Anselin, 1988, 1995, 1996; Moreno y Vayá, 2000). El AEDE puede ser definido como el estudio estadístico de los fenómenos que se presentan en el espacio. De esta forma, los conceptos de localización, área, topología, vecindad geográfica, distancia e interacción espacial se convierten en el centro de atención para explicar la variabilidad entre las unidades espaciales (Anselin, 1988).

El AEDE se centra en las características distintivas de los datos geográficos y, específicamente, en los efectos de heterogeneidad espacial y dependencia espacial. El primero está relacionado con la diferenciación espacial o regional que se deriva de las características únicas de cada región, por tanto, hace referencia a la falta de estabilidad en el espacio del comportamiento de la variable bajo estudio (Anselin, 1988). Mientras que

2 Un *outlier* espacial es aquella observación para la cual se ha obtenido un valor significativo y negativo del estadístico I de Moran local. Es decir, es una observación que muestra un valor significativamente diferente al de sus observaciones vecinas (Anselin, 1995).

el segundo, con frecuencia denominado como autocorrelación espacial, se sustenta en la primera *Ley de la Geografía* de Tobler (1979): "...todo está relacionado con todo, pero las cosas cercanas están más relacionadas que las distantes...".³ En este sentido, el término dependencia espacial puede ser considerado como la existencia de una relación funcional entre lo que sucede en una región determinada y lo que ocurre en otras regiones con proximidad espacial (Cliff y Ord, 1973; Anselin, 1988). Dicho efecto se refiere al hecho de que una variable x asociada a una localización i depende de otras variables asociadas en localizaciones $j \neq i$. Formalmente puede definirse como:

$$x_i = f(x_j), i = 1, \dots, n \quad j \neq i \quad (1)$$

De esta forma, la dependencia puede ser entre varias observaciones, ya que el subíndice i puede tomar cualquier valor desde $i = 1, \dots, n$.

3.2.1. MAPA DE CAJA

El primer paso del AEDE es buscar la presencia de dos aspectos principales en la distribución de la variable IDH; la tendencia espacial y los municipios atípicos. Para ello, se utiliza una herramienta de geovisualización denominada mapa de caja, misma que recoge la información que se deriva del diagrama de caja.⁴ Esta herramienta muestra la distribución de la variable en seis categorías: cuatro cuartiles (cada cuartil contiene 25% del total de las unidades espaciales) y dos categorías especiales que representan a los municipios con valores atípicos superiores e inferiores (Anselin, Sridharan y Gholston, 2007: 294). Así, un mapa de caja permite sugerir

3 Traducción propia.

4 Un diagrama de caja permite visualizar gráficamente la variación de los valores de una variable, parte del cálculo de los cuartiles (Q_1 y Q_3) y la mediana (Q_2), así como de la obtención de las llamadas cotas o valores adyacentes superior e inferior, que se obtienen, a su vez, como el producto de los valores del tercer (primer) cuartil por 1.5 veces el rango inter cuartílico. Se consideran como valores atípicos aquellos situados por encima (o por debajo) de dichas cotas. Por ejemplo, un municipio atípico bajo es definido como un valor debajo de $Q_1 - 1.5 * (Q_3 - Q_1)$, y un atípico alto es definido como un valor debajo de $Q_3 - 1.5 * (Q_3 - Q_1)$.

asociaciones espaciales o la aleatoriedad de los datos, ya que hace posible visualizar si los municipios pertenecientes al mismo cuartil o aquellos con observaciones atípicas se encuentran próximos geográficamente.

3.2.2. ESTADÍSTICOS DE AUTOCORRELACIÓN ESPACIAL

De acuerdo con Anselin, Sridharan y Gholston, “...el centro del AEDE lo ocupa la noción de autocorrelación espacial, el fenómeno por el cual la similitud locacional (observaciones con proximidad espacial) se une con la similitud de valores (correlación de atributos)...” (2007: 295). De esta forma, la autocorrelación espacial se refiere a la correlación de una variable consigo misma en el espacio, y puede ser positiva o negativa. Es positiva cuando los valores altos (bajos) de una variable aleatoria en una región dada se correlacionan con los valores altos (bajos) en regiones vecinas, por tanto, propicia el surgimiento de agrupamientos espaciales con valores similares. Por el contrario, es negativa cuando los valores altos (bajos) en una región determinada se correlaciona con los valores bajos (altos) en regiones vecinas, lo que propicia la existencia de localizaciones atípicas (Celebioglu y Dall’Erba, 2010). Debido a la similitud existente entre los conceptos de dependencia y autocorrelación espacial, en este trabajo se utilizan indistintamente. Sin embargo, hay una diferencia entre ellas, la primera se refiere a una explicación teórica, mientras que la segunda es un fenómeno que puede medirse su intensidad (Anselin, 1988).

Para cuantificar la autocorrelación espacial global se utiliza el estadístico de la I de Moran univariado, medida de agrupamiento global evaluada por medio de una prueba de hipótesis nula de aleatoriedad espacial (Cliff y Ord 1973; Anselin, 1996). Para cada uno de los años analizados este estadístico se representa formalmente como:

$$I_t = \left(\frac{n}{s_0} \right) \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} x_{i,t} x_{j,t}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_{i,t} x_{j,t}} \quad (2)$$

Donde: $w_{ij,t}$ son los elementos de una matriz binaria de contigüidad W ; $x_{i,t}$ ($x_{j,t}$) representa el valor del índice de desarrollo humano en el municipio i (j) en el año t (medido en términos de desviaciones respecto a su media); n es el número de municipios; y $S_0 = \sum \sum w_{ij}$, o dicho de manera más sencilla es la suma de todos los elementos de la matriz W . El valor esperado de la I de Moran es $E(I) = -1/(n-1)$ y oscila entre +1 y -1. Los valores cercanos a +1 indican que la variable presenta fuerte autocorrelación positiva, los valores cercanos a -1 muestran una fuerte autocorrelación negativa, mientras que los valores alrededor de $-1/(n-1)$ denotan una distribución aleatoria de valores. La prueba de significancia estadística de la I de Moran se basa en un procedimiento de permutación aleatoria (Anselin, 1996).

La herramienta necesaria para formalizar la estructura de vecindad de un conjunto de datos espaciales es la matriz de pesos espaciales W (también conocida como matriz de retardos o de contigüidad). Esta se define como "...una matriz cuadrada no estocástica cuyos elementos w_{ij} reflejan la intensidad de la interdependencia existente entre cada par de municipios i y j ..." (Moreno y Vayá, 2000: 23). Formalmente presenta la siguiente estructura:

$$W = \begin{bmatrix} 0 & w_{12} & \dots & w_{1N} \\ w_{21} & 0 & \dots & w_{2N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{N1} & w_{N2} & \dots & 0 \end{bmatrix} \quad (3)$$

Respecto a cómo construir esta matriz, no existe una forma estándar unánimemente aceptada, salvo por el reconocimiento de que sus valores sean no negativos y finitos (Anselin, 1988). En este trabajo se recurre al concepto de contigüidad física entre municipios, propuesto inicialmente por Moran (1948), donde w_{ij} es igual a 1 si los municipios i y j comparten una frontera común y 0 en caso contrario (se asume que $w_{ii} = 0$, es decir, no se puede ser vecino de sí mismo). Los tres criterios de contigüidad más reconocidos son; 1) *bishop*: toma como vecinos únicamente los municipios que comparten un vértice, 2) *rook*: considera como vecinos los municipios

que tienen un segmento de frontera que coincide con los puntos cardinales, y 3) *queen*: define como vecinos los municipios adyacentes entre sí que tienen puntos en común (fronteras o vértices). Con el fin de tomar en cuenta el mayor número de relaciones entre un municipio determinado y sus vecinos, en esta investigación se utilizan los criterios de contigüidad tipo *rook* y *queen* de primer orden.⁵

Un aspecto interesante del estadístico I de Moran es que puede ser visualizado como la pendiente en el diagrama de dispersión de Moran (Anselin, 1996). Dicho diagrama representa en el eje de abscisas las observaciones de la variable IDH normalizada para cada municipio y el rezago espacial de dicha variable Wx (también normalizada) de las ordenadas, este último es el promedio ponderado de los valores del IDH en municipios vecinos. Formalmente, el rezago espacial Wx se define como el producto de la matriz de pesos por el vector de observaciones de la variable analizada (Anselin, 1988: 23). Cada elemento de la variable rezagada espacialmente se expresa de la siguiente forma:

$$Wx_i = \sum_j w_{ij} * x_j \quad (4)$$

Adicionalmente, se calcula el estadístico de la I de Moran global bivariado con el fin de analizar patrones espacio-tiempo (Anselin, Syabri y Smirnov, 2002). En este sentido, se busca dar luz sobre la posible presencia de un proceso de difusión espacial hacia afuera; es decir, se investiga si el valor del IDH de un determinado municipio en el año 2000 está relacionado con el IDH promedio de los municipios vecinos en el año 2010. Este estadístico, igual que el descrito previamente (versión univariado), se visualiza en un diagrama de Moran y la significancia se evalúa a través de un enfoque de permutación aleatoria.

Anselin (1995) señala que el enfoque predominante para evaluar

5 La elección apropiada de la matriz de pesos espaciales es uno de los aspectos metodológicos más difíciles y controversiales en un AEDE y en econometría espacial (para una discusión más detallada ver: Anselin, 1988; Florax y Rey, 1995).

el grado de autocorrelación espacial está basado en estadísticos globales. Sin embargo, estos no son los apropiados para evaluar patrones locales de asociación espacial, ya que pueden llegar a ser irreales en grandes conjuntos de datos. Por ello, este autor generó y esquematizó los indicadores locales de asociación espacial (LISA),⁶ los cuales miden la presencia de autocorrelación espacial para cada uno de los municipios analizados. Es decir, evalúan la significancia estadística del grado de asociación entre un atributo localizado en un área i y sus vecinos (Anselin, 1995). Específicamente los LISA se calculan a través del estadístico de la I de Moran local, cuya expresión formal a nivel univariado para cada municipio i es:

$$I_{i,t} = \frac{x_i}{m_0} \sum_{j=1}^n w_j x_{j,t} \quad \text{con} \quad m_0 = \sum_i^n x_{i,t}^2 \quad (5)$$

El significado de sus elementos se define en la ecuación 2. Para identificar la existencia de autocorrelación espacial local se sigue la misma lógica que con el estadístico de la I de Moran global. Un valor positivo de $I_{i,t}$ indica un agrupamiento espacial de valores similares (altos o bajos) en el año t , mientras que un valor negativo indica un agrupamiento espacial de valores disímiles entre un municipio y sus vecinos. Para evaluar el nivel de significancia se basa en un procedimiento de permutación condicional, en el sentido de que el valor de la variable analizada en la localización i se mantiene fija, mientras que el resto de los valores son permutados aleatoriamente sobre todas las demás localizaciones (Anselin, 1995). Finalmente, los municipios que muestran una I de Moran local estadísticamente significativo son visualizados geográficamente a través del mapa de agrupamientos LISA univariado, herramienta que permite evaluar el grado en que la distribución espacial del IDH exhibe heterogeneidad espacial (Anselin, Sridharan y Gholston, 2007).

Asimismo, se calculan los estadísticos I de Moran local en un contexto

6 *Local Indicators of Spatial Association (LISA)* por sus siglas en inglés.

bivariado para determinar la existencia de autocorrelación local espacio-tiempo (Anselin, Syabri y Smirnov, 2002). Estos estadísticos se observan a través del mapa de agrupamientos LISA bivariado, mismos que permiten identificar la relación espacial significativa entre el IDH de cada uno de los municipios en el año 2000 y el IDH promedio ponderado de los vecinos en el año 2010, sugiriendo potenciales patrones de difusión a nivel local.

4. RESULTADOS

4.1. Distribución espacial del índice de desarrollo humano

Como primer acercamiento al análisis de la distribución del IDH se presenta un resumen descriptivo en el cuadro 2. Se observa que entre los dos años de estudio aumentó la media (μ) y la mediana (M_e) de la distribución del IDH municipal; en cambio, la dispersión de 50% de los datos centrales (RI), la desviación estándar (σ) y los valores mínimo y máximo muestran una menor variabilidad para el año 2010. A partir de estos datos se puede señalar que el IDH de los municipios oaxaqueños mantuvo una tendencia creciente y, al mismo tiempo, la diferencia entre ellos disminuyó entre los años 2000 y 2010. Sin embargo, esta situación de aparente mayor igualdad entre los municipios puede coexistir con un patrón cada vez más fragmentado en grupos municipales con niveles de desarrollo humano opuestos. Por lo tanto, al analizar únicamente los estadísticos descriptivos no se podrían identificar algunos hechos dentro de la distribución del IDH, los cuales podrían tener manifestaciones espaciales explícitas reflejadas en trampas de pobreza u otras formas de agrupamiento geográfico (Janikas y Rey, 2005).

Cuadro 2*Resumen descriptivo del IDH de los municipios, 2000 y 2010*

<i>Estadístico descriptivo</i>	<i>Año</i>	
	<i>2000</i>	<i>2010</i>
Media (μ)	0.6739	0.7578
Mediana (M_e)	0.6738	0.7573
Mínimo	0.4096	0.5461
Máximo	0.8835	0.9216
Desviación estándar (σ)	0.0729	0.0596
Rango intercuartílico (RI)	0.0950	0.0774

Fuente: Elaboración propia con datos del IDH municipal, 2000 y 2010.

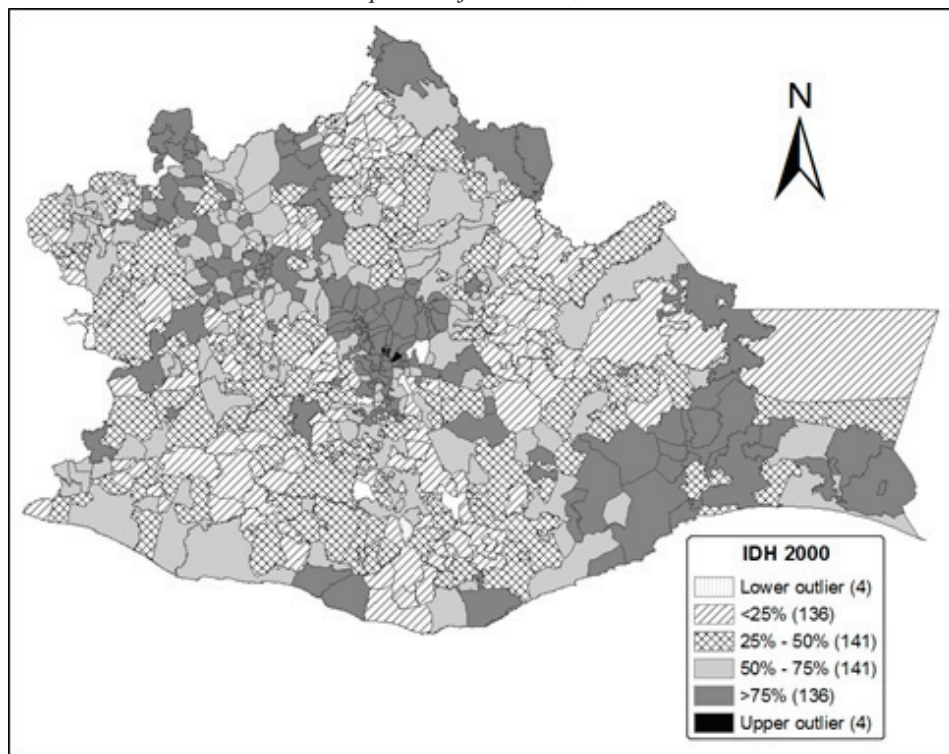
El primer paso del AEDE inicia con el análisis de la distribución espacial del índice de desarrollo humano municipal con el apoyo de los mapas de caja (mapas 1 y 2).⁷ En la parte inferior derecha de estos mapas se muestra una leyenda con las seis categorías de la distribución del IDH mediante colores distintos, en rayas (IDH muy bajos) y en gris oscuro (IDH muy altos), así como el número de municipios en cada categoría entre paréntesis. Estos mapas sugieren una fuerte heterogeneidad espacial en la distribución del IDH. Se distingue al observar que la mayoría de los municipios con alto IDH se encuentran ubicados en el noroeste, centro y sureste de la entidad (tercer y cuarto cuartil); mientras que la proporción elevada de municipios con bajo IDH se concentra en el suroeste y noreste (primer y segundo cuartil) del territorio oaxaqueño.

A pesar de que la heterogeneidad parece ser la característica principal en la distribución de la variable analizada, también es notable la presencia de agrupamientos si la atención se centra en los municipios que están en el primer y cuarto cuartil. En este sentido, se puede observar que varios de los municipios que pertenecen al mismo cuartil se encuentran, a su vez, agrupados geográficamente. Hecho que lleva a suponer que el IDH no se distribuye en forma aleatoria, por el contrario, parece existir un esquema de dependencia espacial positiva para los dos años analizados.

7 Para la instrumentación del AEDE se emplearon dos paquetes computacionales, ArcGIS 10.0 y GeoDa 1.4.6. El segundo paquete es gratuito y está disponible en la página: <https://geodacenter.asu.edu/>.

Mapa 1

Mapa de caja del IDH, 2000



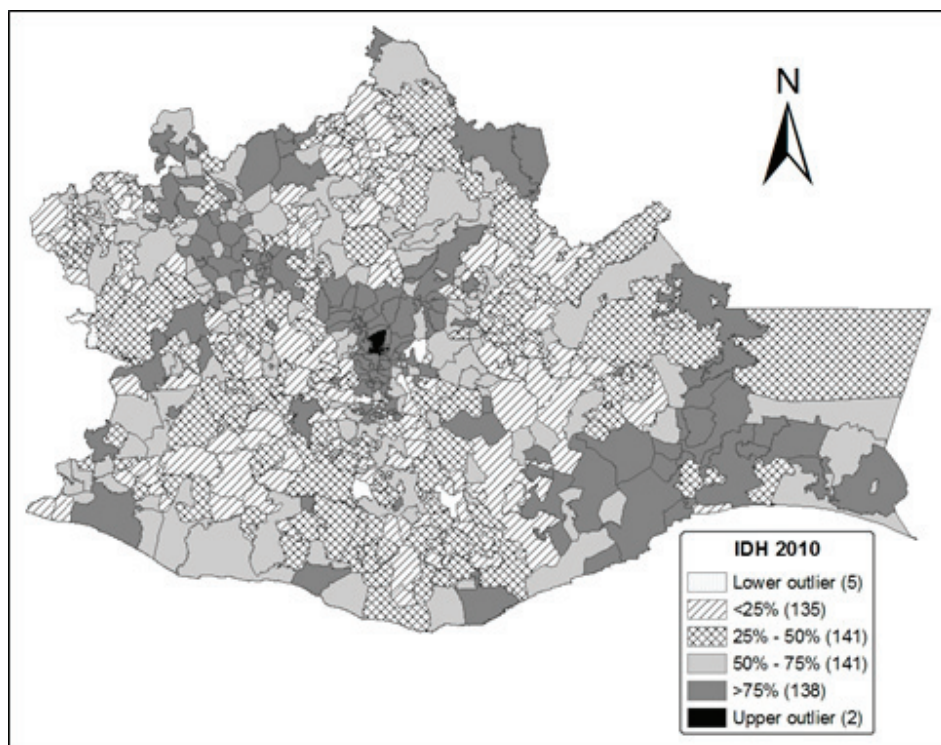
Fuente: Elaboración propia con datos del IDH municipal 2000.

Asimismo, se observan algunos municipios que rompen con el aparente esquema de dependencia positiva, como es el caso de aquellos que tienen IDH muy altos o bajos, considerados atípicos espaciales. En el año 2000 hubo cuatro atípicos de valores altos (Santa Cruz Amilpas, Santa María del Tule, Santa Lucía del Camino y San Sebastián Tutla); en cambio, en 2010 sólo fueron dos (Oaxaca de Juárez y Santa Lucía del Camino), únicamente uno de ellos fue común en ambos años. Una particularidad de estos municipios atípicos es que tienden a agruparse geográficamente en la zona metropolitana de Oaxaca. Por otro lado, se observan cuatro atípicos de bajo IDH en el año 2000 (Coicoyán de las Flores, Santa Lucía Miahuatlán, Santa María la Asunción y San Simón Zahuatlán) y cinco en

2010 (Santos Reyes Yucuná, Coicoyán de las Flores, San Miguel Santa Flor, San Simón Zahuatlán y Santa Ana Ateixtlahuaca). En este caso, dos atípicos son comunes en los dos años, lo que sugiere que el nivel de desarrollo humano muy bajo de estos municipios en relación con el resto ha sido persistente a través del tiempo.

Mapa 2

Mapa de caja del IDH, 2010



Fuente: Elaboración propia con datos del IDH municipal 2010.

4.2. Autocorrelación espacial global del índice de desarrollo humano

Se estimó el estadístico I de Moran global con el objeto de identificar en qué medida los patrones espaciales exhibidos en los mapas de caja son compatibles con la noción de aleatoriedad o una estructura espacial significativa. En el

cuadro 3 se muestra que, efectivamente, la distribución espacial del IDH es no aleatoria, por el contrario, existe autocorrelación espacial positiva y significativa ($p\text{-valor} = 0.0001$) tras realizar 9,999 permutaciones. Aunque el valor del estadístico I de Moran se redujo entre los años 2000 y 2010, se puede señalar que la distribución del IDH se manifiesta de forma agrupada en el espacio, es decir, los municipios con IDH relativamente alto (bajo) tienden a localizarse cerca de aquellos con IDH alto (bajo).

Cuadro 3
Prueba de autocorrelación espacial global del IDH

<i>Año</i>	<i>Matriz de peso espacial</i>	<i>I de Moran^a</i>	<i>Media</i>	<i>Desviación estándar</i>	<i>Z-valor</i>	<i>P-valor</i>
2000	<i>Queen</i>	0.5331	-0.0021	0.0261	20.5375	0.0001
	<i>Rook</i>	0.5355	-0.0018	0.0267	20.1089	0.0001
2010	<i>Queen</i>	0.4723	-0.0014	0.0263	17.9992	0.0001
	<i>Rook</i>	0.4764	-0.0014	0.0269	17.7572	0.0001

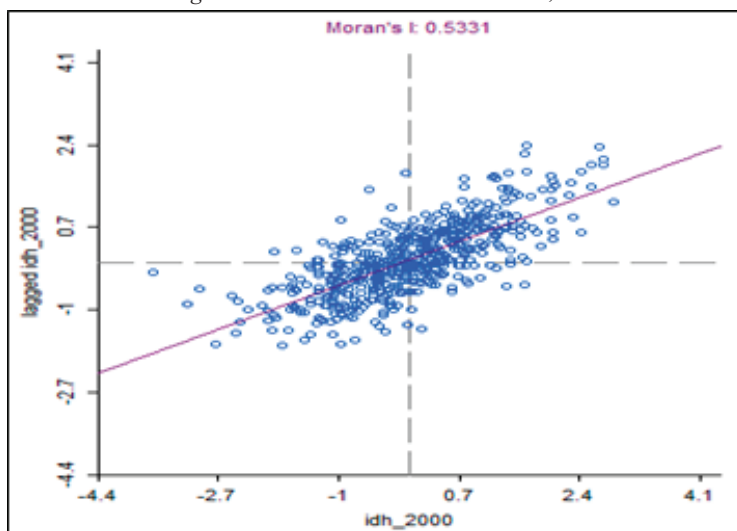
Fuente: Elaboración propia con datos del IDH municipal, 2000 y 2010.

Nota: a. El valor esperado para el estadístico I de Moran es constante para cada uno de los dos años, $E(I) = -0.0018$.

Adicional a los estadísticos I de Moran global, los diagramas de dispersión de Moran, a nivel univariado, permiten visualizar los tipos de autocorrelación espacial (gráficas 1 y 2). En estas gráficas se observa que la nube de puntos correspondientes a los valores de la variable IDH normalizada se distribuyen en los cuadrantes superior derecho e inferior izquierdo, de modo que se confirma el predominio de la autocorrelación positiva, misma que se expresa en forma de agrupamientos municipales con índices altos/bajos. De igual modo, se sugiere la presencia de autocorrelación espacial negativa, debido a que subsisten municipios con índices bajos rodeados de aquellos con índices altos (cuadrante superior izquierdo) y viceversa (cuadrante inferior derecho).

Gráfica 1

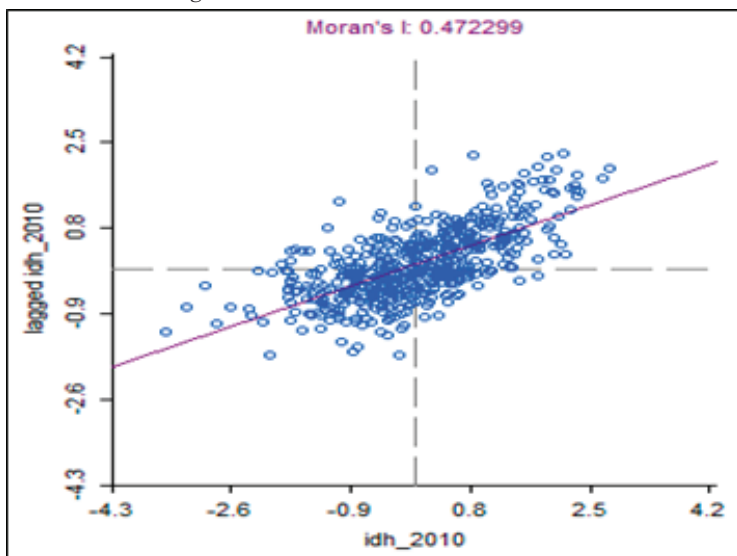
Diagrama de Moran univariado del IDH, 2000



Fuente: Elaboración propia con datos del IDH municipal 2000.

Gráfica 2

Diagrama de Moran univariado del IDH, 2010



Fuente: Elaboración propia con datos del IDH municipal, 2010.

Los diagramas de Moran también sugieren la existencia de heterogeneidad espacial en forma de cuatro distintos regímenes espaciales. Por un lado, se identifica una persistente polarización entre agrupamientos municipales altamente desarrollados y aquellos rezagados, pues, en ambos años, la mayoría de los municipios con IDH alto (bajo) permaneció en un área geográfica conformada por municipios con IDH alto (bajo). Esto se observa al vincular de forma dinámica ambos diagramas de Moran a través de la técnica *linking y brushing*,⁸ por ejemplo, al seleccionar los municipios con un IDH bajo rodeados de vecinos con IDH bajo para el 2000 (cuadrante inferior izquierdo), la mayoría de estos aparecen ubicados en el mismo cuadrante para el año 2010, algunos de ellos pertenecen a la Sierra Sur y Sierra Norte. Por otro lado, hay municipios atípicos que muestran una polarización local permanente, en la medida en que sus vecinos muestran valores de IDH muy desiguales, tal es el caso de los cuatro municipios (San Dionisio del Mar, San Mateo de Mar, San Blas Atempa y Santa María Chimalapa) situados en el cuadrante superior izquierdo y que se localizan en la región del Istmo.

4.3. Autocorrelación espacial local del índice de desarrollo humano

Para evaluar la significancia estadística de los patrones no aleatorios a nivel local se estimaron los estadísticos LISA. El mapa de agrupamientos LISA univariado permite visualizar los municipios que tienen estadísticos significativos a 5% ($p\text{-valor} < 0.05$) para los años 2000 y 2010 (mapas 3 y 4). En esta herramienta también se distinguen los cuatro tipos de asociación espacial, dos de los cuales sugieren agrupamientos de municipios con IDH similares, en color gris oscuro para el alto-alto (*high-high*) y en gris claro para el bajo-bajo (*low-low*). Mientras que los otros dos tipos sugieren municipios atípicos con IDH muy desigual al de sus vecinos inmediatos, marcados con cuadros para el bajo-alto (*low-high*) y rayas para el alto-

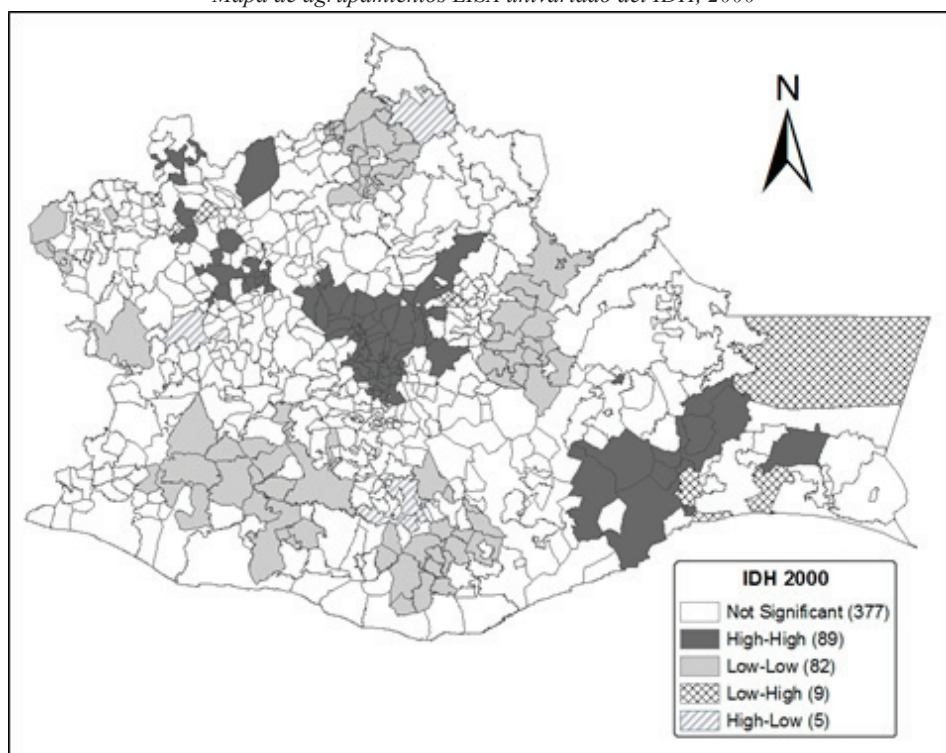
⁸ *Linking y brushing* es una técnica de análisis visual interactiva que permite seleccionar de manera simultánea a un número determinado de datos en diferentes vistas o herramientas de geovisualización (Anselin, Syabri y Smirnov, 2002).

bajo (*high-low*). Adicionalmente, las porciones de los mapas en blanco simplemente representan municipios que no presentaron ningún tipo de autocorrelación espacial significativa.

Apartir de los mapas LISA se pueden extraer tres resultados principales. En primer lugar, los agrupamientos significativos con valores similares de IDH no se distribuyen de manera dispersa, sino que se concentran en ciertas áreas del territorio oaxaqueño. Los agrupamientos municipales de alto IDH se localizan principalmente en tres áreas; el agrupamiento más grande está formado por municipios ubicados en la región de Valles Centrales e incluye a todos los que conforman la zona metropolitana de Oaxaca, el segundo agrupamiento está localizado en la región Mixteca al noroeste de la entidad y el tercero comprende algunos municipios de la región del Istmo al sureste

Mapa 3

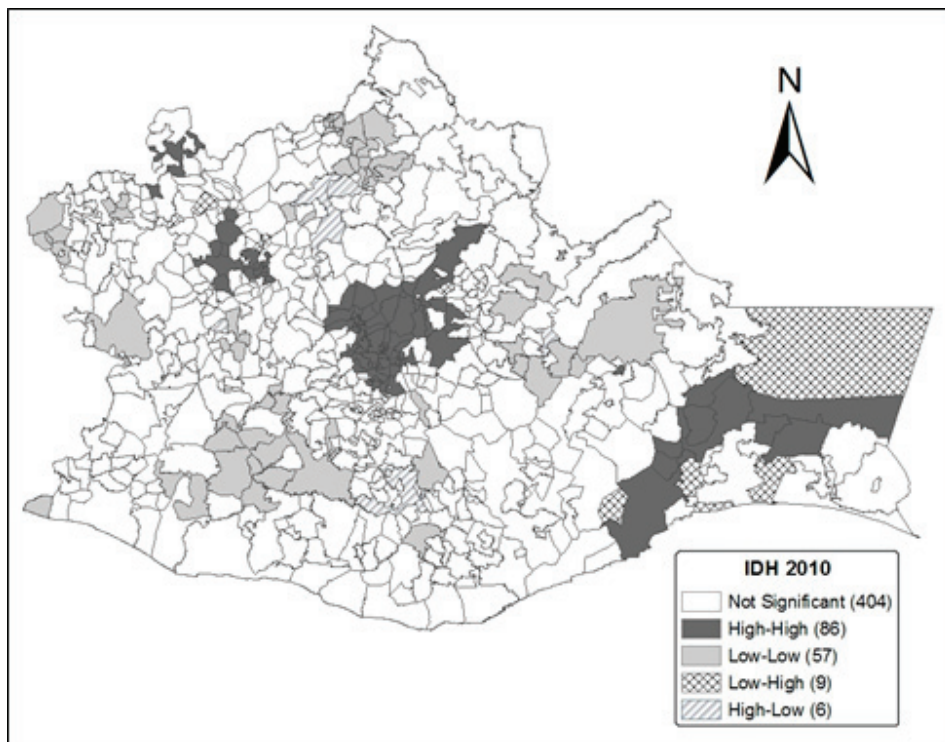
Mapa de agrupamientos LISA univariado del IDH, 2000



Fuente: Elaboración propia con datos del IDH municipal 2000.

Mapa 4

Mapa de agrupamientos LISA univariado del IDH, 2010



Fuente: Elaboración propia con datos del IDH municipal, 2010.

del estado. En cambio, los agrupamientos significativos de bajo IDH se localizan principalmente en las regiones Sierra Sur, Sierra Norte, la Cañada y al oeste del estado en la región Mixteca. De este resultado se puede señalar que el tipo de asociación espacial alto-alto es el más predominante y tiende a persistir a través del periodo bajo estudio; por el contrario, el tipo de asociación espacial bajo-bajo se contrae espacialmente para el año 2010, y sólo en la región Mixteca emergen nuevos municipios con este tipo de asociación significativa.

El segundo resultado se refiere a la existencia de municipios atípicos significativos. Para el año 2000 se observan cinco atípicos del tipo alto-bajo (Miahuatlán de Porfirio Díaz, San Agustín Tlacotepec, San Miguel

Soyaltepec, Santo Tomás Tamazulapan y Heroica Ciudad de Tlaxiaco), dos de ellos continuaron siendo atípicos (Miahuatlán de Porfirio Díaz y San Agustín Tlacotepec) y surgieron cuatro más para 2010 (Santa Catarina Quioquitani, Santa María Alotepec y Concepción Pápalo). Por otra parte, hubo nueve municipios atípicos del tipo bajo-alto en los dos años analizados, siete de ellos fueron persistentes a través del tiempo (San Dionisio del Mar, San Mateo del Mar, San Miguel Yotao, San Blas Atempa, Santa María Chimalapa, Santiago Cacalopec y San Pedro Nopala).

Por último, el tercer resultado hace referencia a la subsistencia de los municipios atípicos del tipo bajo-alto. Se esperaría que con el paso del tiempo estos municipios fueran favorecidos por sus vecinos y cambien a una mejor situación. Sin embargo, no sucede con los cuatro municipios (San Dionisio del Mar, San Mateo del Mar, San Blas Atempa y Santa María Chimalapa) ubicados en la región del Istmo al sureste del estado, dado que persisten como atípicos de bajo IDH durante los años analizados, a pesar de encontrarse junto a un agrupamiento de municipios de alto IDH (mapas 3 y 4). Otro municipio atípico con una situación particular es Miahuatlán de Porfirio Díaz, ubicado en la región Sierra Sur, el cual mantuvo un alto IDH sin efectos positivos hacia el resto de los vecinos, ya que se ubica en un área geográfica que ha mostrado un bajo desarrollo humano.

4.4. Autocorrelación espacio-tiempo del índice de desarrollo humano

Finalmente, para analizar las dimensiones espacio y tiempo simultáneamente se estimaron los estadísticos de autocorrelación espacial en su versión bivariado. En este sentido, el interés se centra en identificar en qué grado el IDH de un determinado municipio para el año 2000 está correlacionado con el IDH de sus vecinos para el año 2010. En el cuadro 4 se observa que los estadísticos I de Moran global indican la existencia de autocorrelación espacio-tiempo positiva y estadísticamente significativa ($p\text{-valor}=0.0001$). Estos resultados permiten dar mayor robustez al rechazo de la aleatoriedad espacial de la distribución del IDH, lo que confirma la presencia de patrones de agrupamiento espacial significativos a través del tiempo.

Cuadro 4*Prueba de autocorrelación espacio-tiempo del IDH*

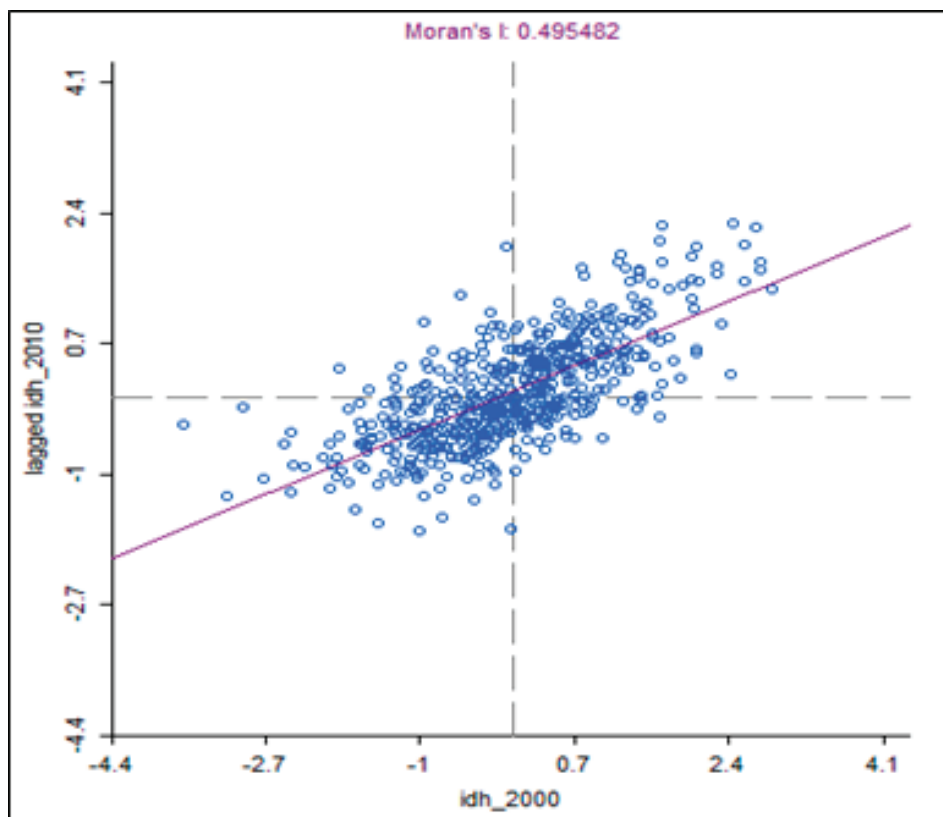
<i>Matriz de peso espacial</i>	<i>I de Moran^a</i>	<i>Media</i>	<i>Desviación estándar</i>	<i>Z-valor</i>	<i>P-valor</i>
<i>Queen</i>	0.4955	-0.0015	0.0252	19.7443	0.0001
<i>Rook</i>	0.4982	-0.0015	0.0253	19.7617	0.0001

Fuente: Elaboración propia con datos del IDH municipal, 2000 y 2010. Nota: a. El valor esperado para el estadístico I de Moran es constante para cada uno de los dos años, $E(I) = -0.0018$.

De manera similar al análisis univariado (gráficas 1 y 2), la autocorrelación espacio-tiempo puede visualizarse a través del diagrama de Moran (gráfica 3). Este diagrama representa en el eje de las abscisas el IDH del municipio i para el año 2000 y en el eje de las ordenadas el IDH promedio ponderado de los municipios vecinos para el año 2010. Se observa que la mayoría de los municipios se localizan en los cuadrantes superior derecho e inferior izquierdo, lo que indica la existencia de un posible efecto de difusión o contagio de los niveles de desarrollo humano desde el municipio i hacia los vecinos (Anselin, Sridharan y Gholston, 2007). Este efecto de contagio podría ser uno de los factores que conducen a que los agrupamientos con bajo IDH estén en un equilibrio perverso, pues se encuentran ubicados en un área geográfica donde, por los efectos de los vecinos, el IDH es y ha sido bajo a través del tiempo.

Para visualizar la autocorrelación espacio-tiempo del IDH a nivel local se presenta el mapa de agrupamientos LISA bivariado (mapa 5). Este mapa muestra que los municipios con los estadísticos LISA significativos se distribuyen espacialmente de forma similar a lo observado en el análisis univariado. En este sentido, se puede señalar que los agrupamientos espaciales y los municipios atípicos se mantienen relativamente estables a lo largo de la década estudiada, debido a la elevada correlación entre el IDH de los municipios del año 2000 y el IDH promedio de los municipios contiguos en el año 2010. Una vez más, los resultados sugieren la existencia de desigualdades intermunicipales en la distribución del IDH dentro del territorio oaxaqueño.

Gráfica 3
Diagrama de Moran bivariado del IDH



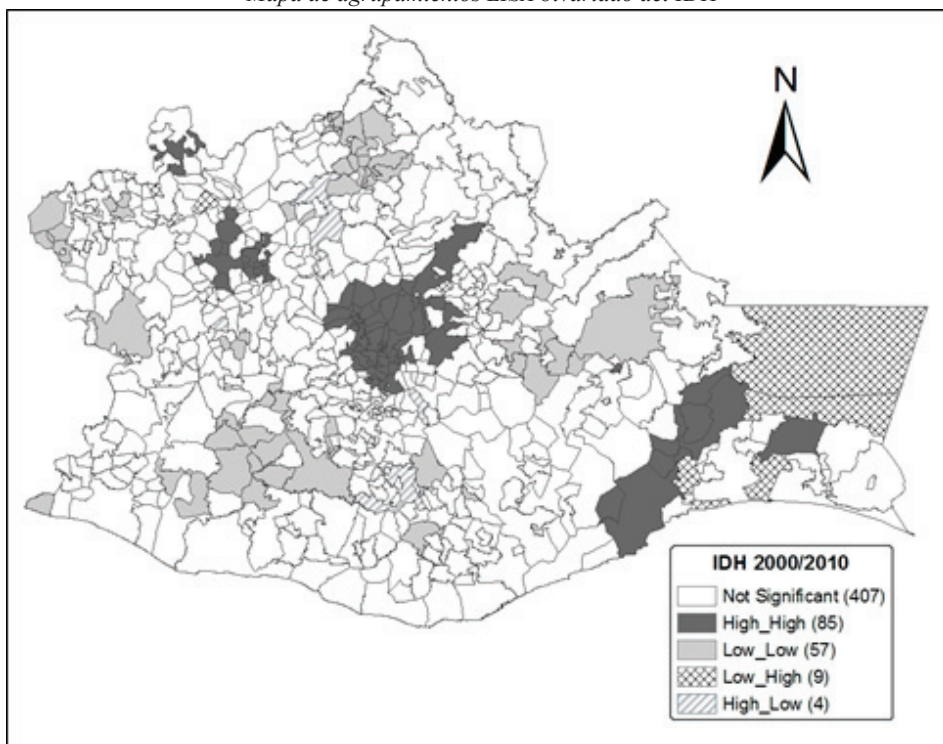
Fuente: Elaboración propia con datos del IDH municipal, 2000 y 2010.

5. CONCLUSIONES

El objetivo principal de este estudio consistió en determinar de qué manera la relación espacial entre municipios contiguos geográficamente condiciona la distribución del Índice de desarrollo humano al interior del estado de Oaxaca, para los años 2000 y 2010. A partir de los estadísticos I de Moran global y local se identificó que el IDH de los municipios no se distribuye de forma aleatoria en los dos años analizados, por el contrario, se encontró que predomina un esquema de dependencia espacial positiva y

Mapa 5

Mapa de agrupamientos LISA bivariado del IDH



Fuente: Elaboración propia con base en el IDH municipal, 2000 y 2010.

estadísticamente significativa. En otras palabras, se mostró que el IDH está espacialmente relacionado entre sí, lo que induce a la conformación de agrupamientos entre los municipios contiguos, los cuales no se encuentran dispersos en el espacio, sino que se concentran en ciertas zonas específicas del estado. Los agrupamientos municipales de alto IDH se localizan principalmente en las regiones de Valles Centrales, la Mixteca y el Istmo. Por otro lado, los agrupamientos significativos de bajo IDH se localizan fundamentalmente en las regiones Sierra Sur, Sierra Norte, la Cañada y al este de la región Mixteca.

De igual manera, los diagramas de Moran y los LISA mostraron que el tipo de asociación espacial alto-alto es el más sobresaliente

y persistente a través del periodo bajo estudio, mientras que el tipo de asociación bajo-bajo se contrae espacialmente para el año 2010. A pesar de una aparente reducción de las desigualdades entre los municipios, se observa la presencia de un esquema de polarización espacial, ya que los agrupamientos municipales de alto IDH tienden a concentrar las oportunidades de desarrollo humano, lo que fortalece su situación; en cambio los agrupamientos municipales de bajo IDH pueden ser interpretados como trampas espaciales, ya que se han mantenido rezagados a través del tiempo. La persistencia de los agrupamientos puede explicarse en parte a la presencia significativa de autocorrelación espacio-tiempo, es decir, la existencia de interdependencias entre los municipios conduce a que ellos cambien su situación de desarrollo humano de forma agrupada, en lugar de hacerlo de manera individual y aislada. Dicho hallazgo está en línea con Sastré y Rey (2013), quienes sugieren que el cambio en la distribución del ingreso de los estados mexicanos es más intenso cuando están interrelacionados espacialmente, que cuando no lo están.

Los estadísticos LISA también revelaron la existencia de dependencia espacial negativa. Aunque este tipo de dependencia se presenta en un número reducido de municipios, puede señalarse que prevalece una polarización espacial a nivel local, pues se identificaron municipios atípicos con un comportamiento significativamente disímil al mostrado por sus vecinos. En este sentido, se reduce la posibilidad de que en un futuro los atípicos de valores bajos aumenten su IDH a un nivel similar al de los municipios con los que comparte frontera. Situación que es evidente para los cuatro municipios atípicos de bajo IDH (San Dionisio del Mar, San Mateo del Mar, San Blas Atempa, Santa María Chimalapa) ubicados en la región del Istmo al sureste del estado de Oaxaca, ya que estos municipios cambiaron su nivel de desarrollo humano en dirección opuesta al de sus vecinos, entre los años 2000 y 2010.

Aunque este estudio mostró la coexistencia de los dos tipos de dependencia espacial, positiva y negativa, no implica que las interdependencias municipales ocurran únicamente entre vecinos inmediatos. En realidad tal fenómeno va mucho más allá, sin embargo, la matriz de pesos espaciales a través de la cual se capturó el efecto de

dependencia espacial es restrictiva debido a que considera la contigüidad física como único determinante de las interdependencias entre los municipios y deja de lado las posibles influencias mutuas entre aquellos que no son físicamente adyacentes, y que pudieran estar estrechamente relacionados. A pesar de esta limitante y en coincidencia con otros autores (Abdel-Samad, 2010; Haddad y Nedović-Budić, 2006; Haddad, 2009), la presente investigación aporta evidencia empírica sobre la relevancia de la dimensión espacial del proceso de desarrollo humano. Por tanto, se sugiere que el nivel de desarrollo humano de algunos municipios oaxaqueños está, en buena medida, determinado por factores internos y de otras condiciones socioeconómicas, culturales, políticas o de otra naturaleza de los municipios vecinos, tal y como lo predice la Ley de la Geografía de Tobler.

BIBLIOGRAFÍA

- Abdel-Samad, M. A. 2010. "Spatial variability in human development patterns in Assiut, Egypt", *International Journal of Human and Social Sciences*, 5(6): 361-366.
- Anand, S. y M. Ravallion. 1993. "Human development in poor countries: On the role of private incomes and public services", *Journal of Economic Perspectives*, 7(1): 133-150.
- Anselin, L. 1988. *Spatial Econometrics: Methods and Models*, Dordrecht, The Netherlands, Kluwer Academic Publishers.
- . 1995. "Local indicators of spatial association-LISA", *Geographical Analysis*, 27(2): 93-115.
- . 1996. "The Moran Scatterplot as an ESDA tool to assess local instability in spatial association", en M. Fisher, H. Scholten y D. Unwin (comps.) *Spatial Analytical Perspectives on GIS*, London, Taylor and Francis.
- . 1999. "The future of spatial analysis in the social sciences", *Geographic Information Sciences*, 5(2): 67-76.

- Anselin, L., I. Syabri y O. Smirnov. 2002. "Visualizing multivariate spatial correlation with dynamically linked windows", en L. Anselin y Rey, S. (comps.) *New Tools for Spatial Data Analysis: Proceedings of a Workshop*, Center for Spatially Integrated Social Science, Santa Barbara.
- Anselin, L., S. Sridharan y S. Gholston. 2007. "Using exploratory spatial data analysis to leverage social indicator databases: the discovery of interesting patterns", *Social Indicators Research*, 82(2): 287-309.
- Aroca, P. y M. Bosch. 2000. "Crecimiento, convergencia y espacio en las regiones chilenas: 1960-1998", *Estudios de Economía*, 27(2): 199-224.
- Aroca, P., M. Bosch y W. Maloney. 2005. "Spatial dimensions of trade liberalization and economic convergence: México 1985-2002", *The World Bank Economic Review*, 19(3): 345-378.
- Celebioglu, F. y S. Dall'Erba. 2010. "Spatial disparities across the regions of Turkey: An exploratory spatial data analysis", *The Annals of Regional Science*, 45(2): 379-400.
- Cliff, A. y J. Ord. 1973. *Spatial Autocorrelation*, London, Pion.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). 2013. *La hora de la igualdad: brechas por cerrar, caminos por abrir*, Santiago de Chile, Naciones Unidas.
- Consejo Nacional de Población (Conapo). 2001. Índices de Desarrollo Humano, 2000, México.
- Dall'Erba, S. 2005. "Distribution of regional income and regional funds in Europe 1989-1999: An exploratory spatial data analysis", *The Annals of Regional Science*, 39(1): 1-35.
- Esquivel, G., L.F. López-Calva y R. Vélez. 2003. Crecimiento económico, desarrollo humano y desigualdad regional en México 1950-2000, Estudios sobre Desarrollo Humano, PNUD México, No. 2003-03.
- Florax, R. y S.J. Rey. 1995. The impact of misspecified spatial interaction in linear regression models, en L. Anselin y R. Florax (comps) *New directions in spatial econometrics*, Berlin, Springer.

- Fosu, A. y G. Mwabu. 2010. Human development in Africa, United Nations Development Programme, Human Development Reports, Research Paper 2010/08.
- Fotheringham, A. y M. Charlton. 1994. "GIS and exploratory spatial data analysis: an overview of some research issues", *Geographical Systems*, 1: 315-327.
- Fujita, M., P. Krugman y A. Venables. 2000. *Economía espacial. Las ciudades, las regiones y el comercio internacional*, Barcelona, Ariel Economía.
- Goodchild, M, L. Anselin, R. Appelbaum y B. Herr. 2000. "Toward spatially integrated social science", *International Regional Science Review*, 23 (2): 139-159.
- Goodchild, M. y D. Janelle. 2010. "Toward critical spatial thinking in the social sciences and humanities", *GeoJournal*, 75(1): 3-13.
- Gray, G. y M. Purser. 2010. Human development trends since 1970: A social convergence story, United Nations Development Programme, Human Development Reports, Research Paper 2010/02.
- Haddad, M. y Z. Nedović-Budić. 2006. "Using spatial statistics to analyze intra-urban inequalities and public intervention in São Paulo, Brazil", *Journal of Human Development*, 7(1): 85-109.
- Haddad, M. 2009. "Examining the spatial distribution of urban indicators in Sao Paulo, Brazil: Do spatial effects matter?", en M. Sirgy, R. Phillips y D. Rahtz. (comps.) *Community Quality-of-Life Indicators: Best Cases III*, Dordrecht, Netherlands: Springer.
- Haining, R. 1993. *Spatial Data Analysis in the Social and Environmental Sciences*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Harvey, D. 2006. *Spaces of Global Capitalism: Towards a Theory of Uneven Geographical Development*, London, Verso.
- Hooks, G., L. Lobao y A. Tickamyer. 2007. "Conclusion: An agenda for moving a spatial sociology forward", en L. Lobao, G. Hooks y A. Tickamyer A. (comps.) *The Sociology of Spatial Inequality*, Albany, The State University of New York Press.
- Janikas, M. y S. Rey. 2005. "Spatial clustering, inequality and income convergence", *Région et Développement*, 21: 45-64.

- Jarque, C. y F. Medina. 1998. *Índices de Desarrollo Humano en México 1960-1990*, Santiago de Chile, CEPAL.
- Kanbur, R. y A. Venables. 2005. "Introduction: Spatial inequality and development", en R. Kanbur y A.J. Venables (comps.) *Spatial Inequality and Development*, New York, Oxford University Press.
- Kanbur, R., A. Venables y G. Wan. 2006. "Spatial disparities in human development: An overview of the Asian evidence", en R. Kanbur, A. Venables y G. Wan (comps.) *Spatial Disparities in Human Development: Perspectives from Asia*, New York, United Nations University Press.
- Kelley, A. 1991. "The human development index: handle with care", *Population and Development Review*, 17(2): 315-324.
- Krugman, P. 1992. *Geografía y comercio*, Barcelona, Antoni Bosch.
- Le Gallo, J. y C. Ertur. 2003. "Exploratory spatial data analysis of the distribution of regional per capita GDP in Europe, 1980-1995", *Papers in Regional Science*, 82(2): 175-201.
- Lobao, L, G. Hooks y A. Tickamyer. 2007. "Introduction: Advancing the sociology of spatial inequality", en L. Lobao, G. Hooks y A. Tickamyer (comps.) *The Sociology of Spatial Inequality*, Albany, The State University of New York Press.
- Lobao, L. y G. Hooks. 2007. "Advancing the sociology of spatial inequality: Spaces, places, and the subnational scale", en L. Lobao, G. Hooks y A. Tickamyer (comps.) *The Sociology of Spatial Inequality*, Albany, The State University of New York Press.
- López Calva, L. y R. Vélez. 2006. "El concepto de desarrollo humano, su importancia y aplicación en México", en L. López Calva y M. Székely (comps.) *Medición del desarrollo humano en México*, México, Fondo de Cultura Económica.
- Martínez, S., L. Flamand y A. Hernández. 2008. "Panorama del desarrollo municipal en México. Antecedentes, diseño y hallazgos del Índice de desarrollo municipal básico", *Gestión y Política Pública*, 17(1): 145-192.
- Mayer-Foulkes, D. 2010. *Divergences and convergences in human development*, Human Development, United Nations Development Programme, Research Paper Series, 20.

- Messner, S.F., L. Anselin, R.B. Baller, D.F. Hawkins, G. Deane y S.E. Tolnay. 1999. "The spatial patterning of county homicide rates: an application of exploratory spatial data analysis", *Journal of Quantitative Criminology*, 15(4): 423-450.
- Miguel Velasco, A, P. Maldonado y J. Torres. 2007. "Desigualdad de desarrollo regional en México", *Problemas del Desarrollo*, 38(351): 88-102.
- Moran, P. 1948. "The interpretation of statistical maps", *Journal of the Royal Statistical Society Series B*, 10(2): 243-251.
- Moreno, R. y E. Vayá. 2000. *Técnicas econométricas para el tratamiento de datos espaciales: la econometría espacial*, Barcelona, Universitat de Barcelona.
- Nussbaum, M. y A. Sen. 1996. *La calidad de vida*, México, Fondo de Cultura Económica.
- Patacchini, E. y P. Rice. 2007. "Geography and economic performance: exploratory spatial data analysis for Great Britain", *Regional Studies*, 41(4): 489-508.
- Permanyer, I. 2013. "Using census data to explore the spatial distribution of human development", *World Development*, 46(0): 1-13.
- PNUD. 1990. *Informe sobre desarrollo humano 1990*, México, Tercer Mundo Editores.
- . 2008. *Índice de desarrollo humano municipal en México 2000-2005*, México, Ediciones Mundi-Prensa.
- . 2014. *Índice de desarrollo humano municipal en México: nueva metodología*, México.
- Ram, R. 2009. "Intercountry inequality in human development: A 30-year perspective", *Journal of Economic Studies*, 36(5): 481-489.
- Rey, S. y B. Montouri. 1999. "Us regional income convergence: A spatial econometric perspective", *Regional Studies*, 33(2): 143-156.
- Rey, S. y M. Sastré-Gutiérrez. 2010. "Interregional inequality dynamics in Mexico", *Spatial Economic Analysis*, 5(3): 277-298.
- Sagar, A. y A. Najam. 1998. "The human development index: A critical review", *Ecological Economics*, 25(3): 249-264.
- Sastré-Gutiérrez, M. y S. Rey. 2013. "Space-time income distribution dynamics in Mexico", *The Annals of GIS*, 19(3): 195-207.

- Sen, A. 1996. "Capacidad y bienestar", en M. Nussbaum y A. Sen. (comps.) *La calidad de vida*, México, Fondo de Cultura Económica.
- . 2000a. *Desarrollo y libertad*, Barcelona, Editorial Planeta.
- . 2000b. "A decade of human development", *Journal of Human Development*, 1(1): 17-23.
- Sokol, M. 2011. *Economic Geographies of Globalisation: A Short Introduction*, London, Edward Elgar.
- Stewart, K. 2010. Human development in Europe, United Nations Development Programme, Human Development Reports, Research Paper 2010/07.
- Tickamyer, A. 2000. "Space matters! Spatial inequality in future sociology", *Contemporary Sociology*, 29(6): 805-813.
- Tobler, W. 1979. "Cellular geography", en S. Gale y G. Olsson (comps.) *Philosophy in Geography*, Dordrecht, Reidel, pp. 379-386.
- Torres, T. y R. Allepuz. 2009. "El desarrollo humano: perfiles y perspectivas futuras", *Estudios de Economía Aplicada*, 27(2): 545-562.