



Economía, sociedad y territorio
ISSN: 1405-8421
ISSN: 2448-6183
El Colegio Mexiquense A.C.

De Las Heras Gutiérrez, Daniel; Adame Martínez, Salvador;
Cadena Vargas, Edel Gilberto; Campos Alanís, Juan
Sustentabilidad del desarrollo urbano en la Megalópolis de México: perspectiva desde el análisis espacial
Economía, sociedad y territorio, vol. XX, núm. 62, 2020, Enero-Abril, pp. 89-122
El Colegio Mexiquense A.C.

DOI: 10.22136/est20201441

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=11162788004>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

Sustentabilidad del desarrollo urbano en la Megalópolis de México: perspectiva desde el análisis espacial

Sustainability of urban development in the Megalopolis of Mexico: perspective from spatial analysis

DANIEL DE LAS HERAS GUTIÉRREZ*

SALVADOR ADAME MARTÍNEZ*

EDEL GILBERTO CADENA VARGAS*

JUAN CAMPOS ALANÍS*

Abstract

This paper provides an approach to the analysis of sustainability of urban development of the Megalopolis of Central Mexico through the elaboration of a summary index from 17 indicators with the Principal Component Analysis (PCA), index with which spatial analysis techniques were applied (ESDA). Positive spatial autocorrelation was detected and clusters were identified, showing a dichotomy between central and peripheral metropolitan municipalities, and the advantageous position of Mexico City over the remaining municipalities in sustainability levels. The most disadvantaged municipalities with a need for intervention were identified.

Keywords: urban sustainability, megalopolis, indicators, sustainability index, spatial analysis

Resumen

Este trabajo consiste en un análisis de la sustentabilidad del desarrollo urbano de la Megalópolis del Centro de México, basado en la elaboración de un índice resumen a partir de 17 indicadores con el método de componentes principales, con el que se aplicaron técnicas de análisis espacial (AEDE). Se identificó la presencia de autocorrelación espacial positiva y la existencia de clústeres, indicando una dicotomía entre municipios centrales metropolitanos y periféricos, así como la posición aventajada en niveles de sustentabilidad de la Ciudad de México con respecto a los municipios restantes. Se identificaron los municipios más rezagados y con necesidad de intervención.

Palabras clave: sustentabilidad urbana, megalópolis, indicadores, índice de sustentabilidad, análisis espacial.

* Universidad Autónoma del Estado de México, correos-e: leninakan-1@hotmail.com, adame_ms@yahoo.com, edelcadena@yahoo.com.mx y cadenav@uaemex.mx, juan_campost0@hotmail.com o jcampa@uaemex.mx

Introducción

El fenómeno urbano constituye una de las expresiones más evidentes y características del desarrollo de la sociedad moderna. Aunque las ciudades han funcionado como centros de innovación cultural, social y económica –fundamentales para el progreso de la humanidad–, también han generado una serie de consecuencias negativas en términos sociales, económicos y ambientales. Las ciudades afrontan retos en materia de escasez de agua y energía; contaminación y emisiones de gases invernadero; congestión del tránsito vehicular; delincuencia; eliminación de desechos; acceso a la vivienda, equipamiento e infraestructura; graves desequilibrios socioeconómicos como bolsas de marginación y pobreza; entre otros.

Las ciudades en Latinoamérica constituyen sistemas complejos e interdependientes, en donde los desequilibrios ambientales, económicos y sociales han propiciado que existan barreras para el desarrollo sustentable de las mismas (Martínez, 2015). En el caso de México, el crecimiento urbano descontrolado y una falta de aplicación de políticas de planificación son las causas fundamentales de la aparición de desequilibrios territoriales, marginación, inequidad y de problemas crecientes de habitabilidad en los espacios urbanos (Hernández-Rejón, 2010).

Por otro lado, a pesar de una modesta desaceleración, la proporción de población urbana en México no ha dejado de incrementarse, de 42.6% en 1950 a 77.8% en 2010 (Inegi, 2011a), en tanto que las perspectivas son de un incremento de dichas cifras, lo cual se traduce en un crecimiento previsible de ciudades y áreas metropolitanas, así como las problemáticas a atender (Hernández-Rejón *et al.*, 2017). Dentro del Sistema Urbano Nacional de México destaca la Megalópolis del Centro de México, al ser el mayor conjunto urbano del país incluyendo las áreas metropolitanas colindantes con la metrópolis de la capital. Esta megalópolis comprende cerca de la cuarta parte de la población total del país (24.72% en 2010) con 27,777,019 habitantes. Su crecimiento demográfico se ha ralentizado en la primera década del siglo XXI, no siendo, no obstante, desdeñable con una tasa de incremento de 6.884% de 2000 a 2010 (Inegi, 2011a). Uno de los síntomas de las graves repercusiones ambientales y socioeconómicas de la Megalópolis del Centro de México es la creación, en 2013, de un organismo denominado Comisión Ambiental de la Megalópolis (CAME), que plantea el diseño, la coordinación y el concierto de programas y acciones que contribuyan a la protección, la restauración y la preservación del equilibrio ecológico de la región de la Ciudad de México (DOF, 2013).

El crecimiento urbano, y de manera singular, la Megalópolis del Centro de México implica un desafío de primera magnitud para el desarrollo

sustentable en México. Para la consecución de esto es necesaria la evaluación diagnóstica del estado de la sustentabilidad en dichos espacios urbanos. Se trata de un punto de partida fundamental, a fin de identificar los retos más importantes a atender; es decir, el análisis de la sustentabilidad urbana permite la elaboración de propuestas en torno a las diversas problemáticas ambientales territoriales, facilita diagnosticar la condición urbana, el tipo de desarrollo, el impacto ambiental, económico y social, igual que la posible participación de los diversos actores sociales para su resolución (Moreno-Sánchez, 2013).

La sustentabilidad urbana es clave para lograr una tendencia de desarrollo conveniente para generaciones presentes y futuras, partiendo del concepto más global de *desarrollo sustentable*, el cual se introdujo en 1987 en el Informe de la Comisión de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y Desarrollo, y era entendido como modelo para lograr el progreso económico y armonioso, capaz de satisfacer los principios de justicia social y responsabilidad ambiental (ONU, 1987). No obstante, hasta 1992, en la Declaración de Río sobre Medio Ambiente y Desarrollo, llamada Cumbre de la Tierra, celebrada por la Organización de las Naciones Unidas, no se reconocieron las ciudades como un área importante para la aplicación del concepto de desarrollo sustentable.

El concepto de *sustentabilidad* abarca diferentes componentes urbanos que transcinden lo ambiental e incluye variables culturales, políticas, institucionales, sociales y económicas. Esta visión amplia ha implicado el desarrollo de metodologías que contemplen el estudio de las ciudades como sistemas holísticos complejos, con múltiples sectores. La aproximación interdisciplinaria puede aportar una comprensión cualitativa y cuantitativa de los problemas de desarrollo y gestión urbana (Imaz *et al.*, 2014). En la literatura especializada en español, se emplean indistintamente los términos *sostenible* y *sustentable*; *desarrollo sostenible* y *desarrollo sustentable*; *sostenibilidad* y *sustentabilidad* (Cortés-Mura y Peña-Reyes, 2015; Méndez-Chiriboga, 2012), indica que ambos términos no presentan mayor diferenciación con respecto a su aplicación al desarrollo, la diferencia corresponde al lugar donde se utilice el término, sin modificar su objetivo principal, es decir, la satisfacción de las necesidades de la presente y las futuras generaciones.

Se define la *sustentabilidad urbana* como alcanzar cualitativamente un nivel socioeconómico, demográfico y tecnológico que permita mantener el funcionamiento de la ciudad en el largo plazo (Graizbord, 2002).

El análisis de la sustentabilidad urbana incorpora elementos ambientales, socioeconómicos y administrativos (BID, 2011; Mori y Christodoulou, 2012; BID, 2013), por tanto es un concepto multidimensional. Esta concepción multidimensional de la sustentabilidad es empleada por

el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) en su Iniciativa Ciudades Emergentes y Sostenibles, ICES, (Crespo y Puerta, 2016), estructurándose en tres dimensiones: Sustentabilidad ambiental y cambio climático; desarrollo urbano integral sustentable, y sustentabilidad fiscal y de gobernanza (BID, 2013).

Estas tres dimensiones se desglosan en las siguientes temáticas (BID, 2013), la dimensión de sustentabilidad ambiental se centra en la gerencia ambiental y el control de contaminación local, la mitigación del cambio climático, la prevención y la reducción de vulnerabilidad a los desastres naturales. La dimensión de desarrollo urbano integral sustentable se fundamenta en la pretensión de promover un desarrollo urbano justo y ordenado, en el cual la vivienda, la infraestructura, los servicios, el equipamiento, el comercio, la educación, la salud y el espaciamiento satisfagan las necesidades de los ciudadanos de forma equilibrada y equitativa; asimismo, se pretende reducir la existencia de segregación y aparición de focos de marginación y pobreza y el incremento de las desigualdades económicas de la población. En cuanto a la dimensión de sustentabilidad fiscal y de gobernanza, se relaciona con la capacidad del gobierno local de financiar inversiones necesarias, lograr la prestación adecuada de servicios su cargo con calidad y cobertura necesarias, un control adecuado de gastos y deuda, así como la toma de decisiones de manera transparente, planificada y eficaz.

El presente trabajo se centra en el análisis de la dimensión de sustentabilidad del desarrollo urbano, por medio de la elaboración de un índice resumen (Índice de Sustentabilidad de Desarrollo Urbano Integral, ISDUI) a partir de 17 indicadores para cada uno de los 189 municipios y alcaldías de la Megalópolis del centro de México, que posibilite aplicar técnicas Análisis Exploratorio de Datos Espaciales, AEDE, que nos permitan analizar la dinámica interna de la megalópolis y las áreas prioritarias de intervención, mediante la identificación de municipios con niveles altos y bajos de sustentabilidad, determinando la existencia de segregación, tipificación y localización de clústeres.

1. Delimitación y caracterización de la zona de estudio

Las megalópolis son espacios urbanos que, por su complejidad y magnitud implican serios desafíos ambientales, urbanos y sociales. Se trata de ciudades con funciones globales que se han convertido en extensas regiones urbanas policéntricas (Martínez, 2015). Existen diversas definiciones de lo que se entiende por megalópolis, pero en todos los casos se trata de un espacio urbanizado de gran extensión, volumen demográfico y com-

plejidad espacial (Gottman, 1957). A mediados del siglo XX emerge en algunos países (Reino Unido, Japón, EE. UU., entre otros) este concepto urbano, ya que con la proliferación de áreas metropolitanas se hizo posible la unión o el traslape espacial o funcional de dos o más de las mismas (Rivas Carmona *et al.*, 2006).

La Megalópolis del Centro de México inició su conformación en la década de los 80 del siglo pasado (Garza, 2010). La Megalópolis del Centro de México se ha delimitado y definido en el subsistema urbano del centro de México en torno a la Zona Metropolitana de la capital, recibiendo también la denominación de Corona Regional del Centro de México, que engloba un total de 189 municipios y alcaldías.

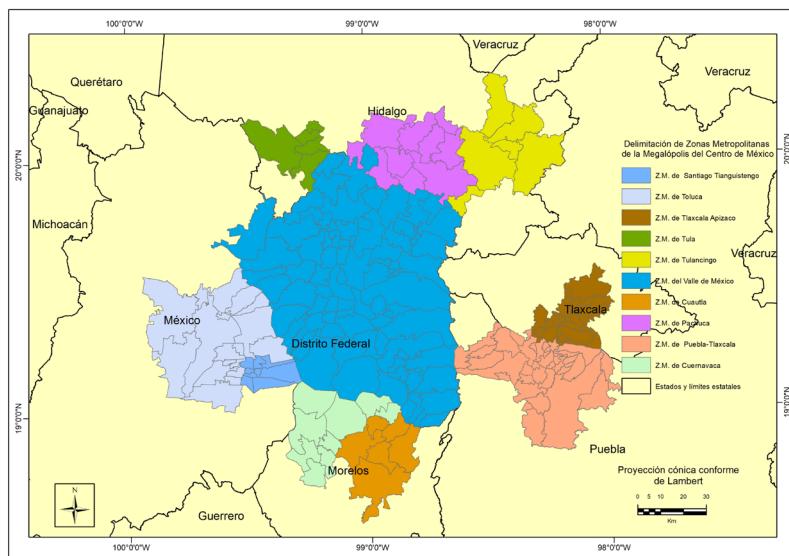
Definida legalmente por primera vez en 1996 (DOF, 1996) como un área que comprende los municipios correspondientes a las zonas metropolitanas de las capitales de los estados limítrofes al Valle de México, así como la totalidad de los municipios que mantienen una relación funcional estrecha con la Ciudad de México y los que se ubican entre las zonas metropolitanas que integran la corona regional de ciudades y la capital del país, además de las alcaldías de la misma (en el momento de definición de la Megalópolis, delegaciones de la Ciudad de México). La delimitación de cada zona metropolitana se ciñe a los datos oficiales (Conapo, 2012a).

A pesar de la preeminencia de la Ciudad de México y su zona metropolitana sobre el resto, se trata de una megalópolis polinuclear por la existencia de varios centros y subcentros (Garza, 2010), los municipios centrales de cada una de las zonas metropolitanas y una serie de núcleos urbanos independientes (DOF, 1996) como son Tepotzotlán, Huehuetoca, Zumpango, Pirámides, Nopaltepec, Texcoco y Chalco-Amecameca.

En el mapa 1 aparecen los límites y municipios de las siguientes zonas metropolitanas constitutivas de la megalópolis: Valle de México, Valle de Toluca y Santiago Tianguistengo, Puebla-Tlaxcala, Cuernavaca, Cuautla, Pachuca-Tlaxcala y Tula-Tulancingo (DOF, 1996). Su extensión y volumen demográfico muestran gran heterogeneidad (cuadro 1). Globalmente, la población ascendió a 27,777,019 habitantes en el último censo de población (Inegi, 2011a) y ocupando una superficie de 18,841 kilómetros cuadrados. La Zona Metropolitana del Valle de México muestra una notable preeminencia sobre el resto de la megalópolis en volumen demográfico, representando prácticamente tres cuartas partes del total (72.42%), seguida, a gran distancia, de las de Puebla-Tlaxcala (9.48%) y Toluca (7.25%).

La Megalópolis del Centro de México mantiene un peso dominante en la dinámica económica a nivel nacional. Únicamente las nueve alcaldías de la Ciudad de México que por sí mismas aportan 17.7% del PIB nacional, seguido del Estado de México, con 9.2%. Al considerar el total

Mapa 1
Delimitación de Zonas Metropolitanas de la Megalópolis
del Centro de México



Fuente: elaboración propia a partir de Marco Geoestadístico Municipal (Inegi, 2010) y de la Delimitación de las Zonas Metropolitanas de México 2010, (Conapo, 2012a).

aportado por las seis entidades que la componen supone 33.3% del PIB nacional (Inegi, 2009).

Al emplearse el concepto de ciudad-región (Delgado, 2003) para aludir a esta formación megalopolitana, este concepto no supone la continuidad física entre las distintas zonas metropolitanas que las conforman. Del mismo modo, al incorporar municipios periféricos, situados entre diferentes zonas metropolitanas, se evidencia la existencia de municipios no conurbados o con un carácter urbano menos consolidado (Connolly y Cruz, 2004).

La Megalópolis del Centro de México es una zona sujeta a fuertes dinámicas urbano-demográficas y económicas. Históricamente, ha sido el eje estructurador del territorio y la actividad económica nacional. Si se tiene en cuenta los estados sobre los que se extiende, su nivel de participación en el Producto Interno Bruto (PIB) nacional, supone 33.3% (Inegi, 2009), lo que refleja la importancia de la zona para el país en el ámbito económico, en tanto que la concentración de un tercio de los mexicanos en esta región alude a un patrón altamente centralizado y concentrado.

El resultado es la conformación de uno de los sistemas territoriales más complejos a nivel mundial: la Zona Metropolitana del Valle de

Cuadro 1
Zonas Metropolitanas de la Megalópolis del Centro de México.
Superficie y población

Zona Metropolitana	Total de municipios	Superficie (km ²)	Porcentaje de superficie sobre total	Población total (2010)	Porcentaje de población sobre total
Cuautla	6	978.84	5.2	434,147	1.56
Cuernavaca	9	1118.36	5.92	893,508	3.22
Pachuca	9	1403.29	7.45	205,812	1.93
Puebla-Tlaxcala	37	2052.72	10.87	2,633,275	9.48
Santiago Tianguistenco	6	303.16	1.61	157,944	0.57
Tlaxcala-Apizaco	19	707.63	3.76	499,567	1.79
Toluca	16	2410.05	12.79	2,014,091	7.25
Tula	5	590.92	3.13	537,078	0.74
Tulancingo	6	1416.85	7.52	284,755	1.02
Valle de México	76	7859.91	41.72	20,116,842	72.42
Total Megalópolis	189	18,841.73	100	27,777,019	100

Fuente: elaboración propia a partir de Marco Geoestadístico Municipal (Inegi, 2010) y al Censo de Población y Vivienda de 2010. (Inegi, 2011a)

Méjico, a cuyo alrededor crecen –bajo el mismo patrón de ocupación dispersa del territorio, y concentración económica y demográfica– otras zonas metropolitanas de importancia como Toluca, Puebla-Tlaxcala, Tlaxcala-Apizaco, Cuernavaca, Cuautla, Tula, Tulancingo, Pachuca y Tianguistenco. El conjunto de estas ciudades, a través de interacciones funcionales, confrontan condiciones de uso no racional de los recursos naturales y energéticos, imponen costos económicos y sociales a los sectores productivos y a la población, y muestran vacíos para la gobernabilidad de espacios y situaciones que no corresponden a los niveles de gobierno actualmente existentes (CMM, 2014).

2. Metodología

El apartado metodológico está estructurado en tres partes, la primera indica las fuentes para la elaboración de los indicadores constitutivos del Índice de Sustentabilidad del Desarrollo Urbano Integral, así como las características básicas de los mismos. La segunda parte explica la construcción del índice, mediante el análisis de componentes principales y su validación por medio de la varianza total explicada, obtenida en el segundo

componente; así como el establecimiento de seis niveles de sustentabilidad. Finalmente, en el tercer apartado, se describen las técnicas de análisis espacial empleadas, en particular, del Análisis Exploratorio de Datos Espaciales (AEDE).

2.1. Selección de indicadores y fuentes

La sustentabilidad del desarrollo urbano consta de nueve temáticas fundamentales (cuadro 2), acerca del uso del suelo y ordenamiento del territorio, cuantificándose la densidad constructiva y demográfica, la calidad de vivienda, la disponibilidad de áreas verdes y de recreo; en segundo lugar, la desigualdad urbana (indicadores de segregación, marginación, inequidad de ingreso); la movilidad y el transporte (indicador de seguridad vial); la competitividad de la economía (Producto Interno Bruto municipal); el empleo (indicadores de desempleo y empleo informal); la conectividad (indicadores de acceso a internet y telefonía) y la provisión de servicios sociales de alto nivel y la promoción de la cohesión social; es decir, aspectos de educación, seguridad y salud, con los indicadores de calidad educativa, asistencia escolar, educación superior, violencia y provisión de servicios de salud.

Las variables empleadas en esta investigación son de carácter socioeconómico y urbano, como se aprecia en el cuadro 2. No obstante, es preciso reconocer que existe una limitante en la disponibilidad real de datos, sobre todo al tener que tratarse en un nivel de desagregación a escala municipal. A través de bases de datos de instituciones públicas diversas, se elaboró un total de 17 indicadores para el nivel de desagregación espacial de municipio y delegación. La selección de indicadores se inspiró en las orientaciones del BID de su iniciativa ICES (BID, 2013).

El indicador 5 de segregación socioespacial se calculó con el siguiente Índice de Segregación (Duncan y Duncan, 1955):

$$IS = (PBMi / \sum PBT) / (PTMi / \sum PT)$$

En donde,

PBMi= Población en Pobreza Municipio i (Coneval, 2011)

PBT= Población en Pobreza del Área de Estudio (Coneval, 2011)

PTMi= Población Total Municipio i (Inegi, 2011a)

PT= Población Total del Área de Estudio (Inegi, 2011a)

Cuadro 2
**Indicadores de sustentabilidad del desarrollo urbano,
elaboración y fuentes**

<i>Temas de sustentabilidad de desarrollo urbano integral</i>	<i>Indicador</i>	<i>Unidades</i>	<i>Fuente</i>
I. Uso del suelo y ordenamiento del territorio	1. Densidad	Habitantes por kilómetro cuadrado	Inegi, 2011a
	2. Vivienda	Número de personas por vivienda particular habitada (hacinamiento)	Inegi, 2011a
	3. Áreas verdes y de recreación	Superficie de áreas verdes por habitante (metros cuadrados por habitante)	Inegi, 2011b
II. Desigualdad urbana	4. Pobreza	Porcentaje de población en situación de pobreza	Coneval, 2011
	5. Segregación socioespacial	Índice de segregación	Elaboración propia
	6. Desigualdad de ingresos	Coeficiente de GINI	Coneval, 2011
III. Movilidad y transporte	7. Seguridad vial	Víctimas de accidentes de tráfico por 100,000 habitantes	Inegi, 2011a
IV. Competitividad de la economía	8. Producto Bruto Censal/habitante	Valor Agregado Bruto Censal/habitante	Inegi, 2011a
V. Empleo	9. Desempleo	Porcentaje de población desocupada sobre la PEA	Inegi, 2011a
	10. Empleo informal	Porcentaje de población subempleada sobre la PEA	Inegi, 2011a
VI. Conectividad	11. Internet	Porcentaje de viviendas particulares habitadas con servicio de internet	Inegi, 2011a
	12. Telefonía	Porcentaje de viviendas particulares habitadas con servicio de telefonía	Inegi, 2011a
VII. Educación	13. Calidad educativa	Promedio académico por centros a nivel municipal	INEE, 2015
	14. Asistencia escolar	Porcentaje de población de entre 3 y 14 años que asiste a la escuela	Inegi, 2011a

Cuadro 2 (*continuación*)

Temas de sustentabilidad de desarrollo urbano integral	Indicador	Unidades	Fuente
	15. Educación superior	Porcentaje de población de 18 años y más con educación postbásica	Inegi, 2011a
VIII. Seguridad	16. Violencia	Número de delitos por cada 100,000 habitantes	Inegi, 2011a
IX. Salud	17. Provisión de servicios de salud	Porcentaje de población derechohabiente	Inegi, 2011a

Fuente: elaboración propia a partir de datos del Censo de Población y Vivienda de 2010 (Inegi, 2011a); Cartografía geoestadística urbana, Censos Económicos 2009 (Inegi, 2011b); Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (Coneval, 2011); Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación. (INEE, 2015)

2.2. Construcción del Índice de Sustentabilidad de Desarrollo Urbano Integral

Se elaboró un Índice de Sustentabilidad de Desarrollo Urbano Integral (ISDUI) para cada uno de los 189 municipios y alcaldías de la Megalópolis del Centro de México, mediante la técnica del Análisis de Componentes Principales (ACP), para lo cual se empleó el software SPSS 24.

Se trata de una técnica estadístico-matemática que permite explorar la estructura subyacente de los datos y reexpresar los datos originales en pocas dimensiones que captan la menor varianza posible de una combinación lineal de las variables originales. En este sentido, el Análisis de Componentes Principales permite estudiar las relaciones que existen entre las variables cuantitativas, sin considerar *a priori*, ninguna estructura, ni de variables ni de individuos (Olivares, 2014).

El ACP reduce la dimensión original, facilitando una visión más simple del fenómeno; en el proceso de aplicación genera un nuevo conjunto de variables con las que se puede recuperar, tanto la multidimensionalidad conceptual del fenómeno de la sustentabilidad del desarrollo urbano integral, como contar con un índice, es decir, la primera componente, resumen del fenómeno, esto es, el ISDUI, para cada uno de los municipios y alcaldías de la zona de estudio (Conapo, 2012b).

Previamente a la construcción del índice ISDUI, se procedió a la revisión de la base de datos, es decir, los 17 indicadores para evitar la presencia de celdas vacías. En los casos existentes de celdas vacías (en los casos presentes siempre menos de 5% de los valores para cada indicador) se empleó

el método espacial, es decir, para cada celda vacía asociada a cada unidad espacial (municipio/delegación) se le otorgó valor de la media aritmética de las unidades espaciales contiguas, siguiendo el principio de la primera ley de la geografía formulada por Waldo Tobler (1970).

Con la finalidad de homogenizar las variables se procedió a estandarizarlas. El cálculo de los componentes principales depende de las unidades de medida empleadas en las variables. Es por tanto importante, antes de aplicar el ACP, estandarizar las variables para que tengan media 0 y desviación estándar 1, ya que, de lo contrario, las variables con mayor varianza dominarían al resto.

La validación del ISDUI se comprobó con la obtención de una varianza total explicada de 55.67 en el segundo componente, lo cual permite afirmar su plena validez a superar la varianza total explicada en el segundo componente 50 (Hinojosa *et al.*, 2015).

Una vez aplicado el ACP, el ISAUI fue reescalado en un rango de 0 a 100, estableciéndose seis niveles de sustentabilidad, según el puntaje obtenido para cada unidad espacial en el índice: Muy Baja (ISDUI= 0-16.667); Baja (16.668-33.333); Media-Baja (33.334-50); Media-Alta (50.001-66.667); Alta (66.668-83.333) y Muy Alta (83.334-100). El criterio de estratificación fue el de intervalos equivalentes, consiste en dividir el rango de valores de atributo en sub-rangos de igual tamaño.

2.3. Técnicas de Análisis Espacial

El Análisis Exploratorio de Datos Espaciales (AEDE) es un conjunto de técnicas estadísticas creadas para detectar patrones y tendencias en los datos, y poder así formular hipótesis sobre los mismos (Hernández-Hernández, 2015). Estas técnicas describen y visualizan distribuciones espaciales, como el agrupamiento y la dispersión de fenómenos en el territorio.

El empleo de AEDE es de interés en análisis de fenómenos con dimensión espacial cuando se carece de un marco formal o una teoría previa acerca del fenómeno que se analiza, esto se plantea frecuentemente en el campo de las ciencias sociales, cuando se analizan grandes bases de datos geográficos, cuya distribución no se conoce *a priori*, como es el caso del patrón espacial de la sustentabilidad del desarrollo urbano integral en el espacio de la complejidad de una megalópolis (Chasco, 2006). El AEDE crea una interfaz que facilita el estudio de la información geográfica, permitiendo descubrir patrones y anomalías en los datos que de otro modo no serían aparentes, así como resultados interpretables que permiten al investigador evitar conclusiones superficiales y erróneas sobre el fenómeno (Celemín, 2009).

A través del análisis espacial se indaga en el descubrimiento de la estructura ambiental urbana por medio de un análisis de autocorrelación espacial (I Global de Moran) que permite detectar zonas de configuraciones ambientales diferenciadas y un acercamiento al grado de inequidad, al considerar la asociación existente entre las unidades espaciales en relación con el índice ISAUI; es decir, el análisis de autocorrelación espacial (Índice Global de Moran) permite descubrir si se cumple la hipótesis de que cierta variable (ISDUI) tiene una distribución aleatoria o si, por el contrario, existe asociación significativa de valores similares o no similares entre zonas vecinas (Gómez Barroso *et al.*, 2015).

Por medio del Índice Global de Moran y del Índice de Autocorrelación Espacial Local de Moran se puede averiguar el grado de concentración espacial de la sostenibilidad ambiental, identificar clústeres de elevada y baja sustentabilidad ambiental dentro de la megalópolis, así como analizar la heterogeneidad u homogeneidad, según la sustentabilidad del desarrollo urbano en la Megalópolis del Centro de México. En este trabajo se emplearon los *software* de SIG (Sistemas de Información Geográfica) ArcMap 10 y GeoDa. El Índice Global de Moran es una medida geográfica-estadística que indica el grado de correlación entre valores de unidades territoriales. El valor de este índice oscila entre -1 y 1; su interpretación es, en cierto modo, similar a la del coeficiente de correlación de Pearson de la estadística estándar. Los valores negativos indican un conglomerado espacial de unidades territoriales con valores de análisis distintos y los valores positivos indican un conglomerado espacial de unidades territoriales con valores de análisis similares, sean altos o bajos. Los tendientes a -1 indicarían autocorrelación negativa y los tendientes a 1 nos indicarían el máximo de autocorrelación positiva. Los valores próximos a 0 indican la ausencia de correlación espacial entre los valores de análisis, es decir, la no existencia de un patrón definido. Se considera significativo cuando es mayor a 0.5 (Celemín, 2009).

El Índice Global de Moran se expresa de la siguiente manera:

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} (y_i - \bar{y})(y_j - \bar{y})}{\left(\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \right) \left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} \right)}$$

Donde:

y_i = Valor de la variable o atributo en cada unidad espacial analizada "i".

y_j = Valor de la variable o atributo en cada unidad espacial vecina "j".

w_{ij} =Proximidad entre las unidades espaciales “i” y “j”(llamada también “matriz de pesos espaciales”).

n =Número de unidades espaciales

De la relación entre la variable y su rezago espacial es posible construir el diagrama de dispersión de Moran (gráfica 1). En este tipo de diagrama se relacionan para cada observación el valor de la variable en la misma y el valor promedio en sus correspondientes observaciones vecinas, así pues, la pendiente de la recta de regresión es el valor del denominado estadístico Índice Global de Moran, cuanto mayor sea el valor de este estadístico, es decir, el ángulo que forme la recta de regresión con el eje de abscisas, más fuerte será el grado de autocorrelación espacial en la variable, y viceversa (Sánchez y Taddei, 2014).

Gráfica 1
Diagrama de dispersión de Moran:

	II (BA)	I (AA)
WZ	III (BB)	IV (AB)

Zt

Fuente: elaboración propia.

El retardo espacial puede definirse como una media aritmética simple de los valores de la variable en cuestión de las unidades espaciales limítrofes (Chasco, 2006). En el diagrama de dispersión se clasifican los valores en cuatro cuadrantes: en el cuadrante I o AA se concentran las observaciones altos de variable, rodeada de vecinos con similar característica, lo mismo para el III o BB, pero en este caso, las observaciones corresponden a bajos valores de la variable. Por otro lado, en el cuadrante II o BA, se ubican los valores bajos de la variable en vecindario con características opuestas, y en el cuadrante IV o AB, se presenta el caso opuesto al cuadrante II; en este caso, son altos valores de la variable rodeados de vecinos con bajos valores. En el diagrama de dispersión de Moran se estandariza la variable a analizar y se obtiene el retardo espacial de dicha variable estandarizada, representándose ambos valores en un eje cartesiano.

El Índice Global de Moran se calculó partir de los resultados del índice ISAUI por medio del programa GeoDa. Se tuvo en cuenta que los

p-valores fuesen inferiores a 0.05 y, que de este modo, los resultados fuesen significativos. La significancia en Geoda se calculó por el método de permutación (Lavado, 2015).

Asimismo, una asociación significativa puede no darse en toda la ciudad, sino sólo en algunas zonas. Es por ello que tiene gran importancia recurrir a indicadores locales de asociación espacial, el Índice de Autocorrelación Espacial Local de Moran (en inglés LISA: Local Indicators of Spatial Association), que permiten tener una visión espacial de la sustentabilidad del desarrollo urbano, a diferencia del análisis del índice de Moran por medio de lectura de gráfica sin una plasmación espacial (Martori-Cañas y Hoberg, 2008).

El Índice de Autocorrelación Espacial Local de Moran tiene como objetivo que el estadístico obtenido para cada zona suministre información sobre la relevancia de valores similares alrededor de la misma (Anselin, 1995). Mediante su empleo se puede observar a simple vista la hipotética existencia de clústeres de determinadas características, por ejemplo, de baja sustentabilidad ambiental.

El Índice de Autocorrelación Espacial Local de Moran nos permite clasificar las unidades espaciales (municipios/alcaldías) de acuerdo con la relación de su Índice de Autocorrelación Espacial Local de Moran, respecto a los valores registrados en las unidades espaciales vecinas en cinco categorías:

1. **Bajo-Bajo.** Esta categoría se refiere a unidades espaciales con valores bajos del atributo en estudio (en nuestro estudio, Índice de Sustentabilidad de Desarrollo Urbano Integral) que tengan como vecinas unidades espaciales que presenten igualmente valores bajos (serían zonas con segregación significativa de bajos niveles de Índice Sustentabilidad de Desarrollo Urbano Integral).
2. **Alto-Alto.** En esta categoría están unidades espaciales con valores altos de los atributos bajo nuestro análisis, rodeadas de unidades espaciales que registren igualmente valores altos.
3. **Bajo-Alto.** Se incluye en esta categoría a unidades espaciales con valores bajos del atributo en cuestión, rodeadas de unidades espaciales que registren en contraposición valores altos.
4. **Alto-Bajo.** Son unidades espaciales con valores altos del atributo estudiado, rodeadas de unidades espaciales que registran valores bajos.
5. **Estadísticamente No Significativo.** Esta categoría se refiere a unidades espaciales con valores estadísticamente no significativos, y cuyos valores de segregación no se pueden determinar de manera confiable en términos estadísticos.

El Índice de Autocorrelación Espacial Local de Moran se calculó en el programa ArcMap 10 con el Índice de Sustentabilidad del Desarrollo Urbano Integral. Se calculó el pseudo valor P, determinando la proporción de los valores del índice de Autocorrelación Espacial Local de Moran, generados a partir de las permutaciones (99) que mostraron más *clustering* que sus datos originales. La proporción obtenida (pseudovalor P) fue reducida (inferior a 0.05), pudiéndose afirmar que sus datos muestran clústeres estadísticamente significativos (Anselin, 1995).

3. Resultados

3.1. Distribución espacial de la sustentabilidad del desarrollo urbano

En 2010, la Megalópolis del Centro de México, delimitada por 189 municipios y alcaldías, contaba con 27,777,019 habitantes. De estos, un total de 8,440,974 habitantes vivían en 153 municipios con un Índice de Sustentabilidad de Desarrollo Urbano Integral por debajo de 50 (Media-Baja, Baja y Muy Baja sustentabilidad del desarrollo urbano integral), es decir, 30.4% de la población del área de estudio (cuadro 3), en tanto que aquellos con menor sustentabilidad (Muy Baja y Baja) representaban 16.33% y 4,536,227 habitantes. Asimismo, los municipios y delegaciones con Muy Alto y Alto nivel de sustentabilidad eran 15, reuniendo 26.13% de la población.

Cuadro 3
Distribución espacial de los niveles de sustentabilidad de desarrollo por municipios

<i>Nivel de sustentabilidad de desarrollo urbano</i>	<i>Número de municipios</i>	<i>Población 2010</i>	<i>Porcentaje de población sobre el total</i>
Muy Alto	3	1,378,744	4.96
Alto	12	5,880,679	21.17
Medio-Alto	21	12,076,622	43.47
Medio-Bajo	48	3,904,747	14.05
Bajo	85	3,951,330	14.22
Muy Bajo	20	584,897	2.11
Total Megalópolis	189	27,777,019	100

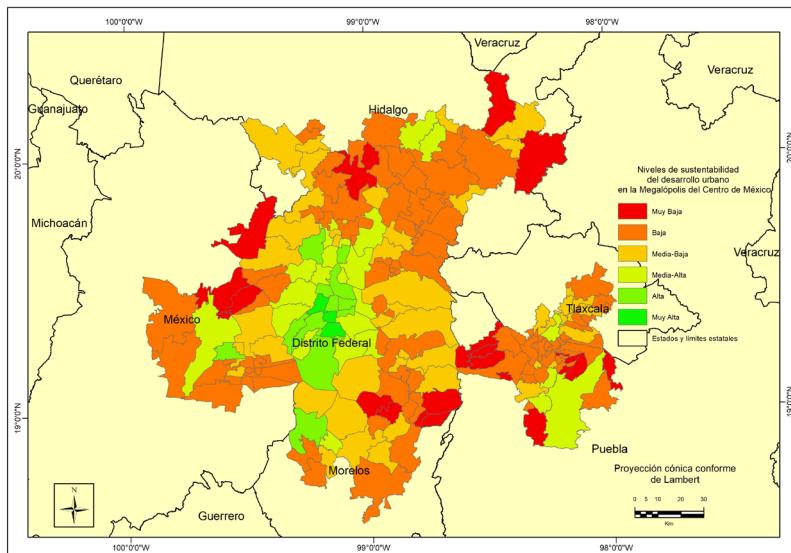
Fuente: elaboración propia a partir del Censo de Población y Vivienda. (Inegi, 2011a)

Si bien parece existir cierto equilibrio numérico y demográfico entre municipios con Muy Alta y Alta y Muy Baja y Baja sustentabilidad, su distribución espacial es desigual (mapa 2).

Los municipios con ISDUI superior a la media (Media-Alta, Alta y Muy Alta) se localizan fundamentalmente en torno a las cabeceras metropolitanas: Ciudad de México, Puebla, Cuernavaca, Toluca, Tlaxcala y Pachuca. Sin embargo, los niveles de sustentabilidad no son idénticos para estos centros. En el extenso espacio en torno a la Ciudad de México, destacan tres delegaciones con niveles de Muy Alta sustentabilidad, tales como Miguel Hidalgo, Benito Juárez y Coyoacán, con índices de sustentabilidad superiores a 84.8; así como diez con Alta sustentabilidad, las cuales son Tlalpan, Azcapotzalco, Cuauhtémoc, Álvaro Obregón, Gustavo A. Madero, Cuajimalpa de Morelos, Iztacalco, Venustiano Carranza, Cuautitlán Izcalli y Coacalco de Berriozábal, (los dos últimos pertenecientes al Estado de México). Cuernavaca tiene una Alta sustentabilidad (ISDUI de 72.9) y uno de sus municipios colindantes, Media-Alta (Jiutepec, ISDUI de 55.6).

Al norte de la megalópolis, Pachuca y su municipio vecino de Mineral de la Reforma presentan una sustentabilidad Media-Alta, aunque inferior a la de las cabeceras metropolitanas antes mencionadas, con índices de

Mapa 2
Niveles de Sustentabilidad del Desarrollo Urbano en la
Megalópolis del Centro de México



Fuente: elaboración propia a partir de Marco Geoestadístico Municipal. (Inegi, 2010)

61.1 y 62.4, hacia levante del área de estudio Puebla y Tlaxcala presentan unos índices similares (58.7 y 58.3, respectivamente). En la zona metropolitana de Toluca existe una particularidad, ya que el municipio central, Toluca, no cuenta con los mayores niveles de sustentabilidad (apenas supera el índice 50: 51.4), ya que esta posición la ocupa un municipio contiguo, Metepec (ISDUI de 69.04). Los municipios centrales de las cuatro restantes zonas metropolitanas presentan niveles de Media-Baja (Cuautla, índice de 49.7, Tula de Allende, índice de 45.7 y Tulancingo, con apenas 33.54) e incluso de Baja sustentabilidad (Tlanguistenco, ISDUI de 26.8).

Los municipios con sustentabilidad por debajo de índice de 50 son fundamentalmente aquellos de carácter periférico y no conurbado con las cabeceras metropolitanas, aun cuando existen excepciones significativas, como los municipios al sur y sudeste de Toluca, los situados al norte de la Ciudad de México, municipios en torno a Tulancingo y, sobre todo, los municipios entre Puebla y Tlaxcala. Al norte y nordeste de la Ciudad de México, zona de fuerte crecimiento demográfico en 2000-2010 (Inegi, 2011a), un total de 16 municipios conurbados como Chimalhuacán, La Paz o Texcoco, entre los más poblados, presentan niveles de Media-Baja y Baja sustentabilidad, con la particularidad de verse separados por el municipio de Tecámac, con un ISDUI de 51.6 (municipio con buena parte de su superficie urbanizada por medio de fraccionamientos de reciente construcción).

Situados entre los centros urbanos de las zonas metropolitanas del Valle de México y Pachuca hay 28 municipios con Baja y Muy Baja sustentabilidad con un promedio de 27.03, igualmente al sudeste de la metrópolis de México, en dirección a Cuautla, existe una aglomeración de doce municipios con Baja y Muy Baja sustentabilidad (ISDUI de 22.58). Al norte del Toluca existen seis municipios con Muy Baja y Baja sustentabilidad, con una media de sustentabilidad de desarrollo urbano de 20.89, al sur de Toluca y englobando la zona metropolitana de Tlanguistenco, doce municipios con ISDUI de 29.65.

En las zonas metropolitanas de Tlaxcala y Puebla existe un corredor urbanizado que atravesando ambos centros metropolitanos se extiende desde Tetla de la Solidaridad hasta Oyucan con un total de 44 municipios con índices de Muy Baja y Baja sustentabilidad, con una media de ISDUI de 26.77 (Papalotla, Santa Catarina Ayometla, Santa Cruz Quilehtla, Tepeyanco o Zacatelco, entre otros). Niveles inferiores de sustentabilidad se encontraron en los municipios próximos a la ZMVM en las estribaciones del Popocatepetl e Iztaccíhuatl (San Salvador el Verde, Domingo Arenas, Huejotzingo, San Felipe Teotlacingo, Chiautzingo) con un promedio de 12.14 (Muy Baja).

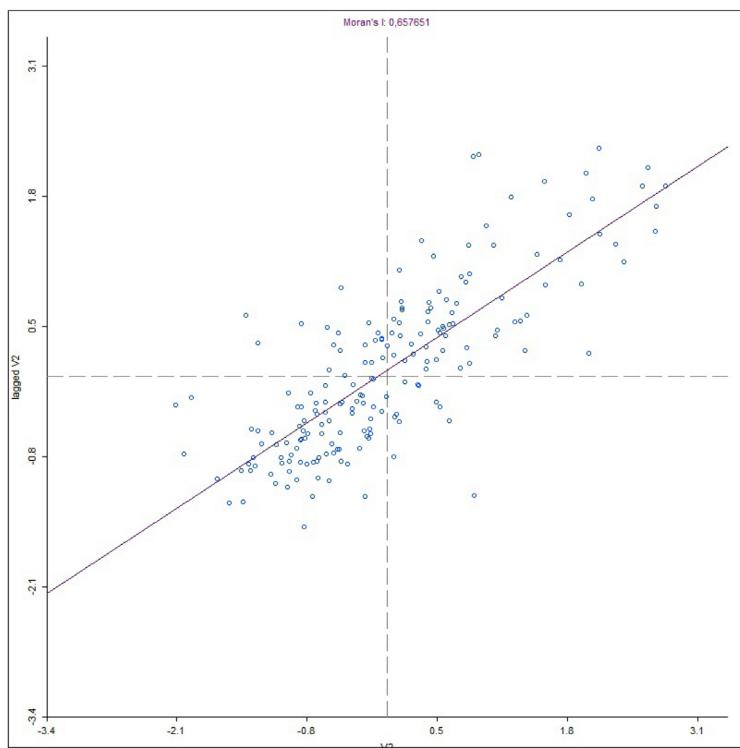
El patrón general de la sustentabilidad de desarrollo es de decrecimiento de los centros metropolitanos hacia las periferias, con algunas excepciones como en la zona metropolitana de Toluca y las de Puebla-Tlaxcala-Apizaco.

3.2. Asociación espacial

Para averiguar la existencia de segregación de la sustentabilidad de desarrollo urbano en la Megalópolis del Centro de México se calculó el Índice de Autocorrelación Global de Moran que fue de 0.657 (gráfica 2), lo cual confirma la existencia de asociación espacial positiva significativa (superior a 0.5), es decir, la presencia en la zona de estudio de uno o varios conglomerados espaciales de unidades territoriales (municipios y alcaldías) con valores de sustentabilidad similares, ya sean altos o bajos.

En la gráfica 2 se observa la pendiente de la recta de regresión con un considerable ángulo con respecto al eje de abscisas, indicándonos la

Gráfica 2
Diagrama de dispersión. Índice de Autocorrelación
Global de Moran



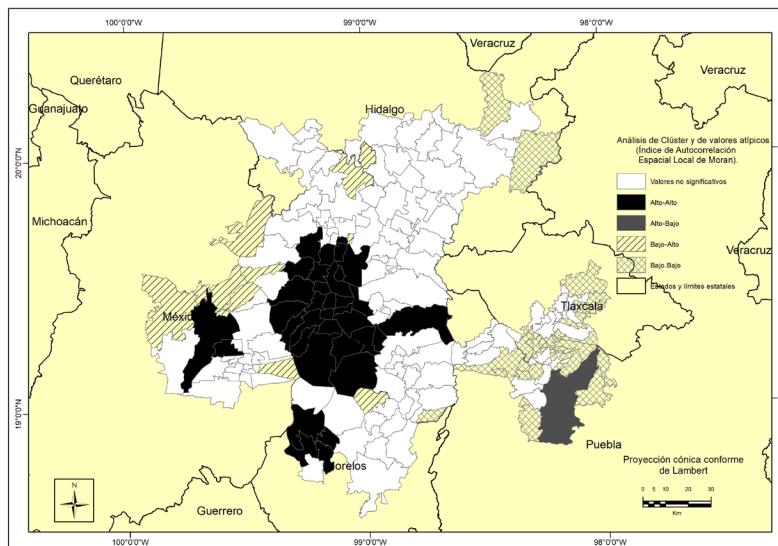
Fuente: elaboración propia a partir del Índice de Sustentabilidad de Desarrollo Urbano Integral.

importancia de la autocorrelación existente. En los cuadrantes I y III aparecen las unidades espaciales (municipios y delegaciones) con un ISDUI superior e inferior a la media, respectivamente, y que se hallan rodeadas de municipios y delegaciones que disponen de índices de sustentabilidad mayores y menores a la media megalopolitana; es decir, lo que serían clústeres de tipo Alto-Alto (Cuadrante I) y tipo Bajo-Bajo (Cuadrante III).

La Megalópolis del Centro de México presenta una significativa asociación espacial de sus niveles de sustentabilidad de desarrollo urbano, pero para poder realizar un análisis espacial de la misma se dispone de la cartografía arrojada por el cálculo del Índice de Autocorrelación Espacial Local de Moran (mapa 3).

En el mapa 3, en clara correspondencia con los resultados del mapa 2, observamos la existencia de zonas de concentración de municipios y delegaciones con Altos y Bajos niveles de sustentabilidad. Fundamentalmente, se pueden identificar tres agrupamientos de clústeres: el primero, el más extenso y poblado, conformado por un gran clúster de tipo Alto-Alto en la Ciudad de México; un segundo conjunto en la Zona Metropolitana de Toluca con dos clústeres, uno de tipo Alto-Alto en torno a los municipios de Toluca y Metepec y otro de tipo Bajo-Alto al norte (Almoloya de Juárez, Ozolotepec, Temoaya y Xonacatlán), y un tercer agrupamiento,

Mapa 3
Análisis de Clúster y de valores atípicos
(Índice de Autocorrelación Espacial Local de Moran)



Fuente: elaboración propia a partir de Marco Geoestadístico Municipal. (Inegi, 2010)

los clústeres de las zonas metropolitanas de Tlaxcala-Apizaco y Puebla-Tlaxcala con dos clústeres de tipo Alto-Bajo, en torno a los municipios de Tlaxcala (Tlaxcala) y Puebla (Puebla, Cuautlancingo, San Andrés Chalula y San Pedro Cholula) y cuatro de tipo Bajo-Bajo, al este de Tlaxcala en Xalostoc-Tocatlán; al suroeste de Puebla en Ocoyucán y dos extensos entre Tlaxcala y Puebla, donde se localizan municipios de cierta entidad como Amozoc, San Pablo del Monte o Huejotzingo (cuadro 4).

En torno a la Ciudad de México existen tres clústeres de tipo Bajo-Alto (Chimalhuacán, Atenco y Xalatlaco) en tanto que al norte de la ZMVM existe un clúster de tipo Bajo-Bajo (Hueypoxtla) y al sudeste de Tulancingo, otro de tipo Bajo-Bajo (Cuautepec de Hinojosa). En Cuernavaca se conforma un clúster de tipo Alto-Alto junto al municipio de Jiutepec (mapa 3).

Cuadro 4
Características de los Clústeres de la Megalópolis
del Centro de México

<i>Tipo de clúster</i>	<i>Situación</i>	<i>Número de municipios</i>	<i>Población total (2010)</i>
Alto-Alto	Ciudad de México	26	15,535,729
Alto-Alto	Toluca	2	1,033,723
Alto-Alto	Cuernavaca	2	562,121
Alto-Bajo	Puebla	4	1,839,870
Alto-Bajo	Tlaxcala	1	89,795
Alto-Bajo	Xoxtla	1	11,598
Bajo-Bajo	Huejotzingo	12	248,028
Bajo-Bajo	Amozoc	10	268,749
Bajo-Bajo	Ocoyucan	1	25,720
Bajo-Bajo	Xaloztoc	1	27,358
Bajo-Bajo	Cuautepec Hinojosa	1	54,500
Bajo-Alto	Norte de ZM Toluca	4	362,140
Bajo-Alto	Este de la Ciudad de México	2	670,696
Bajo-Alto	Villa del Carbón	1	44,881
Bajo-Alto	Hueypoxtla	1	39,864

Fuente: elaboración propia a partir del Censo de Población y Vivienda. (Inegi, 2011a)

4. Discusión

En las últimas décadas se ha generalizado el diseño y el empleo de indicadores e índices de sustentabilidad ambiental (Torre-Jofré, 2009; IMCO, 2014; Torres *et al.*, 2014). Generalmente se trata de discusiones teóricas y, en los trabajos de aplicación de estudios de caso, normalmente se trata de exposición descriptiva sin dimensión espacial ni geo-estadística (Andrade-Medina y Bermúdez-Cárdenas, 2010). A pesar de que generalmente se consideran las ciudades como espacios complejos, no se emplean técnicas que permitan analizar la sustentabilidad ambiental en su dimensión de desarrollo urbano, según sus patrones de distribución espacial.

Igualmente, en los últimos años han aparecido multitud de trabajos con propuestas de indicadores e índices que permitan la cuantificación de la sustentabilidad en espacios urbanos. Siemens, Corporate Knights y General Electric (IMCO, 2014) han elaborado índices de ciudades sustentables y *verdes*, que fueron aplicados a docenas de ciudades de Latinoamérica, Reino Unido y Estados Unidos de América, respectivamente.

Incluso a un nivel de análisis como el municipal, existe la dificultad en muchas ocasiones insuperable de la no disponibilidad de datos, lo cual constituye una seria limitante. En el caso del presente trabajo de investigación la propuesta ICES del BID de indicadores, desarrollada entre 2012 y 2016, fue la empleada para la selección de indicadores. En la ICES se propone para la cuantificación de la sustentabilidad del desarrollo urbano un total de 65 indicadores, muchos de los cuales, sobre todo en las temáticas de Movilidad y Transporte y Competitividad de la economía son de difícil o subjetiva elaboración para el caso de México (Hernández-Rejón *et al.*, 2017). En este trabajo se ha probado la posibilidad de construir indicadores a nivel de escala municipal para México de la totalidad de las temáticas del desarrollo urbano integral sustentable, con una metodología reproducible para toda el área metropolitana de México.

Los resultados obtenidos en este trabajo son consecuentes con los de otros trabajos de elaboración de índices de sustentabilidad en espacios urbanos y aplicación de técnicas espaciales, aun cuando las escalas de las zonas de estudio no fuesen idénticas, ya que es novedoso el análisis de una megalópolis desde esta perspectiva. Así pues, entre los estudios de ciudades iberoamericanas, se puede destacar el caso de ciudad de Mar del Plata (Zulaica y Celemín, 2008; Zulaica y Ferraro, 2012; Zulaica, 2013) en el que se elaboró un Índice de Calidad de Vida Socioambiental (ICVSA) con indicadores de educación, salud, calidad habitacional, pobreza y ambientales, empleando los radios censales como unidad de referencia espacial se demostró la existencia de una clara diferenciación entre el sector urbano y el periurbano, manifestando este último una mayor

heterogeneidad espacial y situaciones más críticas de calidad de vida socioambiental.

Igualmente, en el caso de estudio de ciudades de Canadá (Shen y Guo, 2014) y Estados Unidos de América (Okumuş y Edelman, 2015), estudios en los cuales se construyeron índices y se aplicó el análisis de clúster, los patrones de sustentabilidad urbana eran de decrecimiento del centro a las periferias.

La unidad espacial de estudio, el municipio y la alcaldía, son el nivel mínimo de desagregación espacial que nos permite contar con indicadores para todas las temáticas de la sustentabilidad del desarrollo urbano integral, en particular, con respecto a los indicadores de seguridad, calidad de la educación, Producto Interno Bruto y seguridad vial, para cuales no existe información a nivel de desagregación inferior como Ageb (Áreas Geostadísticas Básicas) y secciones electorales.

Por otra parte, en referencia a los altos niveles de sustentabilidad de desarrollo urbano de la Ciudad de México, detectados en la investigación, no son sorprendentes, ya que hay que destacar que la Ciudad de México posee una infraestructura urbana no alcanzada por otras urbes del Sistema Urbano Nacional. La inversión Pública Federal entre 1959 y 1998 realizada en la Zona Metropolitana del Valle de México fue 93% en promedio de toda la asignada al país (Sobrino, 2000). Los niveles mediocres de sustentabilidad de los municipios capitalinos de las zonas metropolitanas de Puebla-Tlaxcala-Apizaco y Toluca (la segunda y tercera zona metropolitana por volumen demográfico de la Megalópolis del Centro de México, respectivamente) tienen su correspondencia con el hecho de que ambas zonas metropolitanas en 2010 eran las que presentaban unos porcentajes de marginación más elevados de toda la nación (Conapo, 2012b).

La Megalópolis del Centro de México es un espacio altamente diferenciado en cuestión de sustentabilidad, donde convergen y se relacionan municipios con dinámicas de crecimiento, densidades, grados de dependencia económica, infraestructuras, calidad educativa y de servicios médicos, marginación urbana disímiles. Esta concepción de territorio diferenciado, que se pudo detectar mediante el análisis espacial, es compartida por los resultados del análisis diagnóstico, realizado en 2014 por el Centro “Mario Molina” para Estudios Estratégicos sobre Energía y Medio Ambiente (CMM, 2014), aun cuando en dicho trabajo no se aplicaron técnicas geoestadísticas ni se integraron los diferentes indicadores en un sistema o índice resumen.

Por medio de la aplicación del análisis espacial se deducen las siguientes consideraciones: en primer lugar, existe una considerable autocorrelación espacial de los niveles de sustentabilidad en la Megalópolis del Centro de México, es decir, presencia de agrupamientos de unidades

espaciales (municipios y alcaldías) de valores altos y bajos. Asimismo, hay una dicotomía centro-periferia en las diferentes zonas metropolitanas, ya que la sustentabilidad de desarrollo urbano alcanza sus niveles más elevados en los municipios capitalinos de las metrópolis y los municipios centrales contiguos conurbados, decreciendo hacia las periferias, o lo que es lo mismo, los municipios exteriores; aun cuando se detectaron algunas excepciones en las zonas metropolitanas de Apizaco-Tlaxcala-Puebla, Toluca y norte de la Ciudad de México a este patrón.

El patrón de distribución espacial de la sustentabilidad del desarrollo urbano integral en la Megalópolis del Centro de México indica las diferencias existentes entre los municipios y las alcaldías de carácter urbano más consolidado y el resto; esta realidad refleja el carácter de la dimensión de la sustentabilidad ambiental urbana que mide el ISDUI, dimensión, cuyo fundamento son las características de vivienda, infraestructura, servicios, equipamiento, comercio, educación, salud y esparcimiento, así como los niveles de marginación, segregación y pobreza existentes.

Igualmente, destaca la posición privilegiada en niveles de sustentabilidad de las alcaldías de la Ciudad de México, muy superiores al resto de los municipios de la Megalópolis del Centro de México, únicamente algunos municipios de las zonas metropolitanas de Cuernavaca y Toluca alcanzan niveles próximos. Las zonas de la Megalópolis del Centro de México, con niveles más bajos de sustentabilidad del desarrollo urbano integral, se sitúan fundamentalmente al noreste de la Ciudad de México y zonas metropolitanas de Pachuca y Tulancingo, sureste de la Ciudad de México, amplias extensiones de las zonas metropolitanas de Puebla-Tlaxcala y Tlaxcala-Apizaco y periferias de las zonas metropolitanas de Toluca y Santiago Tianguistengo.

El análisis de clústeres proporcionan una visión más clara de estas tendencias y nos aportan un respaldo geoestadístico de esta desigualdad centro-periferia. Los clústeres de valores altos de sustentabilidad están localizados en las áreas centrales metropolitanas, en tanto que los clústeres de bajos niveles se hallan en los municipios exteriores periféricos.

Los espacios urbanos no son únicamente centros de intercambio de bienes y servicios, tampoco simples lugares de aglutinamiento de actividades y personas. Lograr una sustentabilidad del desarrollo urbano integral efectiva permitiría la generación de entornos amigables para el ciudadano, un desarrollo social verdadero y un desarrollo económico armónico con el medio ambiente. Hay que tener en cuenta, por otra parte, que la sustentabilidad de algunas ciudades o de elementos sustentables puede implicar, igualmente, consecuencias ambientales negativas a otros territorios, que aportan elementos procedentes del medio ambiente natural que en las ciudades son consumidos. (Lezama y Domínguez, 2006)

En México, como en otros países latinoamericanos, el problema de la sustentabilidad está vinculado con el de gobernabilidad. Una mayoría de sus ciudades presentan problemas de gobernabilidad política, social y ambiental. En particular, las políticas de corto plazo, la ineficaz planificación, la centralización de decisiones y recursos y la competitividad enfocada exclusivamente en el crecimiento económico han impedido cristalizar un modelo sustentable, salvo excepciones. (Luke, 2002)

Conclusiones

Del presente trabajo de investigación se pueden extraer varias conclusiones, en primer lugar, con los datos de acceso libre de organismos públicos mexicanos (Inegi, Conapo, Coneval, SEP) es factible la construcción de indicadores de sustentabilidad para elaborar índices que posibilitan su cuantificación. Por otra parte, propuestas como la de ICES de indicadores, a pesar de su intención de aplicación internacional, no tiene en cuenta las posibilidades existentes en cada país, de modo que sólo una parte de los indicadores propuestos pudieron ser elaborados ante la inexistencia de datos. El índice construido fue validado, englobando los elementos fundamentales de la sustentabilidad de desarrollo urbano, una de las dimensiones fundamentales de la sustentabilidad ambiental urbana. Este índice de sustentabilidad de desarrollo urbano integral es susceptible de ser replicado para el análisis de otras zonas metropolitanas de México.

Igualmente, las herramientas de análisis espacial, como el análisis exploratorio de datos espaciales, han demostrado que pueden ser empleadas para la detección de patrones espaciales de sustentabilidad de desarrollo urbano, cuyos resultados pueden ser de gran utilidad para actores públicos, administración y para uso en futuros planeamientos y políticas de carácter público, en particular, para la delimitación de aquellas áreas (municipios y alcaldías) en espacios megalopolitanos (o metropolitanos) en situación de baja sustentabilidad del desarrollo urbano integral.

Se hace patente la desigualdad espacial de los niveles de sustentabilidad de desarrollo urbano en un espacio urbano megalopolitano, fenómeno que hasta el presente no había sido analizado desde la perspectiva espacial, lo cual indica la necesidad de aplicación de políticas públicas en materia urbanística, educativa, de salud, seguridad y transporte en aquellos municipios más rezagados.

Para una mayor comprensión y profundización del fenómeno del desarrollo urbano sustentable en la Megalópolis del Centro de México, sería pertinente un análisis de los 17 indicadores según su porcentaje de varianza explicada, es decir, identificar aquellos que determinan, en mayor

medida, la sustentabilidad del desarrollo urbano, y averiguar su impacto en las diferentes áreas de la zona de estudio, mediante técnicas de análisis espacial como la Regresión Geográficamente Ponderada (GWR) que permite analizar la no estacionariedad de los datos. Esta técnica nos permitiría averiguar si la relación entre el ISDUI y sus 17 indicadores constitutivos es constante en todo el espacio urbano, o si podemos identificar variaciones por zonas (Sánchez, 2012).

Asimismo, se propone en futuras investigaciones continuar profundizando en el estudio de la sustentabilidad ambiental de la Megalópolis del Centro de México con la elaboración de un índice que contemple las tres dimensiones: sustentabilidad ambiental, sustentabilidad de desarrollo urbano y sustentabilidad fiscal; así como la aplicación de técnicas de análisis exploratorio de datos espaciales, como la heterogeneidad espacial, que permita el estudio de las relaciones espaciales de la sustentabilidad, con indicadores de carácter socioeconómico o la incidencia de la misma sobre la población en cuestiones de salud.

Fuentes de consulta

Andrade-Medina, Pilar y Bermúdez-Cárdenas, Diana Carolina, (2010), “La sostenibilidad ambiental urbana en Colombia”, *Bitácora 17*, núm. 2, Bogotá, Universidad Nacional de Colombia, pp. 73-93, doi: 10.15446/bitacora

Anselin, Luc, (1995), “Local indicators of spatial association LISA”, *Geographical Analysis*, 27 (2), Ohio, The Ohio State University, Columbus, pp. 93-115, <https://dces.wisc.edu/wp-content/uploads/sites/128/2013/08/W4_Anselin1995.pdf>, 10 de junio de 2019.

BID (Banco Interamericano de Desarrollo) (2013), “Indicadores de la Iniciativa Ciudades Emergentes y Sostenibles. Guía metodológica”, segunda edición del Anexo 2, Washington D.C., Banco Interamericano de Desarrollo, Oficina de Relaciones Externas del BID, <<https://publications.iadb.org/en/publication/13933/guia-metodologica-programa-de-ciudades-emergentes-y-sostenibles-tercera-edicion>>, abril de 2019.

BID (Banco Interamericano de Desarrollo) (2011), “Sostenibilidad urbana en América Latina y el Caribe”, Washington D. C., Oficina de Relaciones Externas del BID, <<https://publications.iadb.org/es/>>

- publicacion/16383/sostenibilidad-urbana-en-america-latina-y-el-caribe>, abril de 2019.
- Celemín, Juan Pablo (2009), “Autocorrelación espacial e indicadores locales de asociación espacial. Importancia, estructura y aplicación”, *Revista Universitaria de Geografía*, vol. 18, Bahía Blanca, Universidad Nacional del Sur, pp. 11-31.
- Chasco, Coro, (2006), “Análisis estadístico de datos geográficos en geomarketing: el programa GeoDa”, *Distribución y Consumo*, núm. 2, Madrid, Mercasa, pp. 34-45.
- CMM (Centro “Mario Molina” para Estudios Estratégicos sobre Energía y Medio Ambiente) (2014), “Actualización al diagnóstico de la Megalópolis del Centro de México”, Ciudad de México, USAID, <<http://www.plataformaleds.org/images/images/0891470001471877373.pdf>>, abril de 2019.
- Conapo (Consejo Nacional de Población) (2012a), “Delimitación de las Zonas Metropolitanas de México 2010”, Ciudad de México, Consejo Nacional de Población, <http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Zonas_metropolitanas_2010>, abril de 2019.
- Conapo (Consejo Nacional de Población) (2012b), “Índice de marginación urbana”, Ciudad de México, Consejo Nacional de Población, <http://conapo.gob.mx/es/CONAPO/Indice_de_marginacion_urbana_2010>, abril de 2019.
- Coneval (Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social) (2011), “Metodología para la medición multidimensional de la pobreza en México”, *Revista Internacional de Estadística y Geografía*, 2 (1), Aguascalientes, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, pp. 36-64.
- Connolly, Priscila y Cruz, María Soledad (2004), “Nuevos y viejos procesos en la periferia de la Ciudad de México”, en Adrián Guillermo Aguilar (coord.), *Procesos metropolitanos y grandes ciudades. Dinámicas recientes en México y otros países*, Ciudad de México, Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, pp. 455-475.
- Cortés-Mura, Hernán Gustavo y Peña-Reyes, José Ismael (2015), “De la sostenibilidad a la sustentabilidad. Modelo de desarrollo sustentable

para su implementación en políticas y proyectos”, *Revista Escuela de Administración de Negocios*, núm. 78, Bogotá, Universidad EAN, pp. 40-54, <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=20640430004>>, junio de 2019.

Crespo, Anna Risi Vianna y Puerta, Juan Manuel (2016), “Evaluación de la Iniciativa Ciudades Emergentes y Sostenibles del BID”, Washington D.C., Oficina de Evaluación y Supervisión del Banco Interamericano de Desarrollo, <<file:///C:/Users/lenin/Downloads/Evaluaci%C3%B3n-de-la-Iniciativa-Ciudades-Emergentes-y-Sostenibles-del-BID.pdf>>, abril de 2019.

Delgado, Javier, (2003), “La urbanización difusa, arquetipo territorial de la ciudad región”, *Revista Sociológica*, 51 (18), Ciudad de México, Universidad Autónoma Metropolitana, pp. 13-48.

DOF (Diario Oficial de la Federación) (2013), “Convenio de Coordinación por el que se crea la Comisión Ambiental de la Megalópolis, que celebran la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, el Gobierno del Distrito Federal y los estados de Hidalgo, México, Morelos, Puebla y Tlaxcala”, *DOF* de 3 de octubre, Ciudad de México, Secretaría de Gobernación, <http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5316255&fecha=03/10/2013>, abril de 2019.

DOF (Diario Oficial de la Federación) (1996), “Programa General de Desarrollo Urbano del Distrito Federal”, *DOF* de 15 de julio, Ciudad de México, Secretaría de Gobernación, <<https://www.dof.gob.mx/index.php?year=1996&month=07&day=15>>, abril de 2019.

Duncan, Otis Dudley y Duncan, Beverly (1955), “A methodological analysis of segregation indexes”, *American Sociological Review*, núm. 41, Washington D. C., American Sociological Association, pp. 210-217.

Garza, Gustavo (2010), “La transformación urbana de México, 1970-2020”, en Gustavo Garza y Martha Schteingart (coords.), *Los grandes problemas de México. Desarrollo urbano y regional*, tomo II, Ciudad de México, El Colegio de México, pp. 31-87.

Gómez Barroso, Diana, Prieto Flores, María Eugenia, Mellado San Gabino, Ana y Moreno Jiménez, Antonio (2015), “Análisis espacial de la

mortalidad por enfermedades cardiovasculares en la ciudad de Madrid, España”, *Revista Española de Salud Pública*, 1 (89), Madrid, Ministerio de Sanidad, Consumo y Bienestar social, pp. 30-31.

Gottmann, Jean (1957), “Megalopolis or the urbanization of the Northeastern seaboard”, *Economic Geography*, 3 (33), Abingdon-Oxfordshire, Taylor & Francis, pp. 189-200.

Graizbord, Boris (2002), “Elementos para el reordenamiento territorial: usos del suelo y recursos”, *Estudios Geográficos y Urbanos*, núm. 50, Ciudad de México, El Colegio de México, pp. 411-423.

Hernández-Rejón, Elda Margarita, (2010), “El problema de la vivienda marginal en México. El caso de los asentamientos humanos periféricos en el Sur de Tamaulipas, México”, tesis doctoral, Barcelona, Universitat de Barcelona.

Hernández-Hernández, Vladimir (2015) “Análisis geoespacial de las elecciones presidenciales en México, 2012”, *EURE*, 41 (122), Santiago de Chile, Instituto de Estudios Urbanos y Territoriales de la Pontificia Universidad Católica de Chile, doi: 10.4067/S0250-71612015000100009

Hernández-Rejón, Elda Margarita, Adame-Martínez, Salvador y Cadena-Vargas, Edel (2017) “Los retos de la sustentabilidad urbana en México. Reflexiones sobre su evaluación a través de la Metodología ICES del BID”, *Quivera*, 1 (19), Toluca, Universidad Autónoma del Estado de México, pp. 85-97.

Hinojosa, Raquel; Garrocho, Carlos Félix; Campos, Juan y Campero, Araceli Consuelo (2015), “Pronóstico de accidentes viales en el espacio intrametropolitano de Toluca: un enfoque Bayesiano”, *Transportes*, 23 (2), São Paulo, Universidade de São Paulo, pp. 43-55.

Imaz Gispert, Mireya, Ayala Islas, Dalia, y Beristain Aguirre, Ana (2014), “Sustentabilidad, territorios urbanos y enfoques emergentes interdisciplinarios”, *Interdisciplina* 2 (2), Ciudad de México, Universidad Nacional Autónoma de México, pp. 39-49, doi: 10.22201/ceiich.24485705e.2014.2.46523

IMCO (Instituto Mexicano para la Competitividad) (2014), “Índice de Ciudades Competitivas y Sustentables 2014”, Ciudad de México, Instituto Mexicano para la Competitividad.

INEE, (Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación) (2015) “Resultados Nacionales de Planea Educación Básica 2015”, Ciudad de México, Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación, <<https://www.inee.edu.mx/index.php/planea>>, abril de 2019.

INEE, (Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación) (2012), “Sistema de cuentas nacionales de México. Producto Interno Bruto por Entidad Federativa 2007-2011”, Ciudad de México, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, <http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/Productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/derivada/regionales/pib/2007-2011/702825003971.pdf>, abril de 2019.

Inegi (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2011a), “Censo de población y vivienda 2010”, Ciudad de México, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, <<https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2010/>>, abril de 2019.

Inegi (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2011b), “Cartografía geoestadística urbana, Censos Económicos 2009, DENUE marzo 2011”, Ciudad de México, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, <www.beta.inegi.org.mx/app/ buscador/default.html?q=denue#tabMCcollapse-Indicadores>, abril de 2019.

Inegi (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2010), “Marco Geoestadístico”, Ciudad de México, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, <<http://www.beta.inegi.org.mx/temas/mapas/mg/>>, abril de 2019.

Inegi (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2009), “Censos Económicos 2009”, Ciudad de México, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, <<https://www.inegi.org.mx/app/saic/>>, junio de 2019.

Lavado, Julio César (2015), “Evaluación de autocorrelación espacial global y local para zonas de tránsito”, ponencia presentada en el XIII Rio de Transportes, 19 y 20 de agosto, Río de Janeiro, Brasil.

Lezama, José Luis y Domínguez, Judith, (2006), “Medio ambiente y sustentabilidad urbana”, en *Papeles de Población*, 49 (12), Toluca, Universidad Autónoma del Estado de México, pp. 153-176.

Luke, Timothy, (2002), “The people, politics, and the planet: who knows, protects, and serves nature best?”, en Mynter y Taylor, *Democracy and the claims of nature. Critical perspectives for a new century*, Lanham, Rowman & Littlefield Publishers Inc., pp. 301-320.

Martínez, Pedro Martín (2015), “La producción del espacio en la ciudad latinoamericana. El modelo del impacto del capitalismo global en la metropolización”, *Hallazgos*, 23 (12), Bogotá, Universidad Santo Tomás, pp. 221-229.

Martori-Cañas, Joan Carles y Hoberg, Karen, (2008), “Nuevas técnicas de estadística espacial para la detección de clusters residenciales de población inmigrante”, *Scripta Nova Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, núm. 12, Barcelona, Universitat de Barcelona, pp. 256-280.

Méndez-Chiriboga, Mayra Alejandra (2012), “La sostenibilidad y sustentabilidad en los museos, dos enfoques principales: La museología tradicional y la nueva museología. Estudio de caso en dos museos de la provincia de pichincha”, tesis de licenciatura, Quito, Universidad Tecnológica Equinoccial.

Moreno-Sánchez, Enrique (2013), “Indicadores para el estudio de la sustentabilidad urbana en Chimalhuacán, Estado de México”, *Estudios Sociales*, núm. 43, Texcoco, Universidad Autónoma del Estado de México, pp. 160-186, doi: 10.24836/es.v22i43.51

Mori, Koichiro y Christodoulou, Aris (2012), “Review of Sustainability Indices and Indicators: Towards a New City Sustainability Index (CSI)”, *Environmental Impact Assessment Review*, núm. 32, Norwich, University of East Anglia, pp. 94-106.

Okumuş, Gökçer y Edelman, David (2015), “An indicator model f the spatial quantification and pattern analysis of urban sustainability: A case of study of Cincinnati, Ohio”, *Current Urban Studies*, 3 (3), Wuhan, República Popular China, Scientific Research Publishing, pp. 231-240, <<https://www.scirp.org/journal/PaperInformation.aspx?PaperID=59379>>, abril de 2019, doi: 10.4236/cus.2015.33019

Olivares, Barlín (2014), “Aplicación del Análisis de Componentes Principales (ACP) en el diagnóstico socioambiental. Caso: sector Campo

Alegre, municipio Simón Rodríguez de Anzoátegui”, *Multiciencias*, 14 (4), Punto Fijo, Universidad de Zulia, pp. 366-368.

ONU (Organización de las Naciones Unidas) (1987), Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo “Nuestro Futuro Común”, Washington D. C., Organización de las Naciones Unidas, <http://www.ecominga.uqam.ca/PDF/BIBLIOGRAPHIE/GUIDE_LECTURE_1/CMMAD-Informe-Comision-Brundtland-sobre-Medio-Ambiente-Desarrollo.pdf>, abril de 2019.

Rivas-Tovar, Luis Arturo, Carmona-Tapia, Salvador, Chávez-Espejel, José Antonio, García-Márquez, Mario, Maldonado-Hernández, Bernice (2006), “Mapas políticos metropolitanos en las megalópolis mexicanas”, *Universidad & Empresa*, 5 (10), Bogotá, Universidad del Rosario, pp. 7-23.

Sánchez-Peña, Landy Lizbeth, (2012) “Alcances y límites de los métodos de análisis espacial para el estudio de la pobreza urbana”, *Papeles de Población*, 18 (72), Toluca, Universidad Autónoma del Estado de México, pp. 147-179, <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=11223536007>>, junio de 2019.

Sánchez, José Manuel y Taddei, Cristina (2014), “Regiones y distribución espacial de las actividades económicas en Sonora”, *Estudios Sociales. Revista de alimentación contemporánea y desarrollo regional*, 22 (43), Hermosillo, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C., <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=41729386008>>, abril de 2019.

Shen, Li y Guo, Xulin (2014), “Spatial quantification and pattern analysis of urban sustainability based on a subjectively weigh indicator model: A case study in the city of Saskatoon, SK, Canada”, *Applied Geography*, núm. 53, Kennesaw, Kennesaw State University, pp. 117-127, doi: 10.1016/j.apgeog.2014.06.001

Sobrino, Jaime (2000), “Inversión Pública Federal”, en Gustavo Garza (coord.), *La Ciudad de México en el fin del segundo milenio*, Ciudad de México, El Colegio de México, <<http://www.cervantes-virtual.com/obra/la-ciudad-de-mexico-en-el-fin-del-segundo-milenio-877011/>>, junio de 2019.

Tobler, Waldo Rudolph (1970), “A Computer Movie Simulating Urban Growth in the Detroit Region”, *Economic Geography*, núm. 46, Worcester, Clark University, pp. 234-240, <[https://dds.cepal.org/infancia/guia-para-estimar-la-pobreza-infantil/bibliografia/capitulo-IV/Tobler%20Waldo%20\(1970\)%20A%20computer%20movie%20simulation%20urban%20growth%20in%20the%20Detroit%20region.pdf](https://dds.cepal.org/infancia/guia-para-estimar-la-pobreza-infantil/bibliografia/capitulo-IV/Tobler%20Waldo%20(1970)%20A%20computer%20movie%20simulation%20urban%20growth%20in%20the%20Detroit%20region.pdf)>, junio de 2019.

Torre-Jofré, Mario (2009), “Índice de Sostenibilidad Urbana: una propuesta para la ciudad compleja”, *Revista Digital Universitaria*, 7 (10), Ciudad de México, Universidad Nacional Autónoma de México, <<http://www.revista.unam.mx/vol.10/num7/art44/int44.htm>>, julio de 2019.

Torres-Tovar, Rigoberto; Adame-Martínez, Salvador y Campos-Medina, Eduardo (2014), “Propuesta de indicadores para medir la sustentabilidad en la zona metropolitana de Toluca”, *Debate Económico*, 9 (3), Ciudad de México, Laboratorio de Análisis Económico y Social, pp. 121-147, <<https://issuu.com/laesmx/docs/debateno-9complf>>, julio de 2019.

Zulaica, Laura (2013) “Sustentabilidad social en el periurbano de la ciudad de Mar del Plata: análisis de su evolución a partir de la construcción y aplicación de un Índice de Habitabilidad”, *Revista Georaguaia*, núm. 3, Mato Grosso, Campus Universitário do Araguaia, <<https://core.ac.uk/download/pdf/52476966.pdf>>, junio de 2019.

Zulaica, Laura y Ferraro, Rosana (2012), “Procesos de crecimiento, indicadores de sustentabilidad urbana y lineamientos de intervención en el periurbano marplatense”, *Arquisur Revista*, núm. 2, Santa Fe, Universidad Nacional del Litoral, doi: 10.14409/ar.v1i2.936

Zulaica, Laura y Celemín, Juan Pablo (2008), “Estudio de las condiciones de calidad de vida en los espacios urbanos y periurbanos del sur de la ciudad de Mar del Plata (Argentina) a partir de la elaboración y análisis espacial de un índice sintético socioambiental”, *Papeles de Geografía*, Murcia, Universidad de Murcia, pp. 47-48, <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=40712217013>>, junio de 2019.

Recibido: 5 de febrero de 2019.

Reenviado: 5 de junio de 2019.

Aceptado: 5 de agosto de 2019.

Daniel De Las Heras Gutiérrez. Maestro en Análisis espacial y Geoinformática por la Universidad Autónoma del Estado de México. Ha realizado estudios de Licenciatura en Geografía, licenciado en Historia. Certificado de Actitud Pedagógica, Diplomado en Estudios Avanzados en Análisis Territorial y Organización del Espacio en Galicia, por la Universidad de Santiago de Compostela, España. Es doctorante en Ciencias Ambientales en la Universidad Autónoma del Estado de México. Línea de investigación actual: desigualdad social y análisis espacial.

Salvador Adame Martínez. Doctor en Ciencias por el Colegio de Postgraduados. Actualmente es profesor-investigador en el Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Planeación Territorial- FaPUR-UAEM, Universidad Autónoma del Estado de México. Líneas de investigación actual: riesgo y vulnerabilidad; sistemas de información geográfica y percepción remota y ordenamiento territorial. Entre sus últimas publicaciones destacan, en coautoría: “Propuesta metodológica para evaluar la vulnerabilidad por ciclones tropicales en ciudades expuestas”, *Revista Quivera*, núm. 2, Toluca, Universidad Autónoma del Estado de México, pp. 35-58 (2017); “Marginación y costos de inundación en el Estado de México, México”, *Investigaciones Geográficas*, núm. 69, Ciudad de México, Universidad Nacional Autónoma de México, pp. 91-106 (2018); y “Vulnerabilidad ante la variabilidad climática en los cultivos de maíz *Zea mays*”, *Sociedad y Ambiente*, núm. 17, San Cristóbal de las Casas, El Colegio de la Frontera Sur, pp. 93-113 (2018.).

Edel Gilberto Cadena Vargas. Doctor en Sociología por la Universidad Nacional Autónoma de México y Especialista en Sistemas de Información Geográfica. Actualmente es profesor-investigador de la Facultad de Geografía de la Universidad Autónoma del Estado de México. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores, nivel I. Líneas de investigación actual: desigualdad social y análisis espacial. Entre sus últimas publicaciones destacan: *La distribución del ingreso en los estados y municipios de México 2000-2010*, Toluca, Universidad Autónoma del Estado de México, (2016); “Los retos de la sustentabilidad urbana en México. Reflexiones sobre su evaluación a través de la Metodología ICES del BID”, *Quivera*, 1 (19), Toluca, Universidad Autónoma del Estado de México, pp. 85-97 (2017) y “Crecimiento económico y desigualdad social en las metrópolis de México”, en *Desafíos de las metrópolis: efectos ambientales y sociales*

tendencias geográficas II, Toluca, Universidad Autónoma del Estado de México, pp.137-180 (2016).

Juan Campos Alanís. Doctor en Geografía, por la Universidad Nacional Autónoma de México. Actualmente, adscrito a la Facultad de Geografía de la Universidad Autónoma del Estado de México. Sus líneas de investigación actual son geografía del envejecimiento, análisis espacial de las condiciones relativas de vida. Entre sus recientes publicaciones destacan, en coautoría: “The evolving retail structure of Mexico City”, *Papers in Applied Geography*, 3 (4), Taylor and Francis online, pp. 305-325 (2018); “Análisis espacial de los inmuebles dañados por el sismo. 19S-2017 en la Ciudad de México”, *Salud Pública de México*, suplemento 1, vol. 60, Cuernavaca, Instituto Nacional de Salud Pública, pp. 31-40 (2018); y *Segregación socioespacial de la población mayor. La dimensión desconocida del envejecimiento*, Zinacantepec, El Colegio Mexiquense (2018).