

## Evaluación de la sostenibilidad urbana multidimensional de la Zona Metropolitana Puebla-Tlaxcala, México

### *Assessment of the multidimensional urban sustainability of the Puebla-Tlaxcala Metropolitan Area, Mexico*

Israel Vázquez Morán,\* Salvador Adame Martínez,\*\* Elda Margarita Hernández Rejón\*\*\*  
y Juan Roberto Calderón Maya†

Recibido: 21/07/2023. Aceptado: 20/09/2023. Publicado: 18/10/2023.

**Resumen.** El proceso de urbanización acelerado es un fenómeno sin precedentes que se traduce en nuevas configuraciones ciudadanas y diversas problemáticas ambientales, ya sea por un acelerado consumo de suelo o la demanda de recursos naturales. Debido a los retos que enfrentan las ciudades y sus distintas dimensiones de análisis, es fundamental su estudio desde el enfoque del desarrollo sostenible con perspectiva multidimensional. Con esta mirada se evaluó la sostenibilidad urbana multidimensional de la Zona Metropolitana Puebla-Tlaxcala a través de la *Guía metodológica iniciativa de ciudades emergentes y sostenibles* (ICES), editada por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID). El índice de sostenibilidad urbana en zonas metropolitanas (ISUZM) se calculó no con la técnica del semáforo que indica la guía sino con la técnica de análisis multivariado en particular con el método de análisis de componentes principales, además se aplicó la técnica de análisis exploratorio de datos espaciales (AEDE), ambas técnicas fueron la contribución de la presente investigación a este tipo de estudios. Se identi-

caron agrupamientos con niveles de sostenibilidad urbana alta correspondientes a los municipios de Cuautlancingo (mayor sostenibilidad urbana), Puebla, San Pedro Cholula, San Andrés Cholula y San Martín Texmelucan, México.

**Palabras clave:** urbanización, configuración urbana, problemáticas ambientales, desarrollo sostenible, ciudad sostenible.

**Abstract.** The accelerated urbanization process is an unprecedented phenomenon that has resulted in new urban configurations and various environmental problems, whether due to accelerated land consumption or the demand for natural resources. Due to the challenges faced by cities and their different dimensions of analysis, it is essential to study them from the approach of sustainable development with a multidimensional perspective. With this perspective, the Multidimensional Urban Sustainability of the Puebla-Tlaxcala Metropolitan Area was evaluated

\* Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Química. Paseo Colón S/N, Residencial Colón y Col Ciprés, Toluca, 50120, Estado de México, México. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-0984-6837>. Email: [ivazquezm658@alumno.uaemex.mx](mailto:ivazquezm658@alumno.uaemex.mx). Autor de correspondencia.

\*\* Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Planeación Urbana y Regional. Calle Mariano Matamoros casi esquina Paseo Tollocan s/n, Colonia Universidad, Toluca, 50130, Estado de México, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4499-009>. Email: [sadamem@uaemex.mx](mailto:sadamem@uaemex.mx)

\*\*\* Universidad Autónoma de Tamaulipas, Facultad de Ingeniería. Centro Universitario Sur, Tampico, 89109, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3197-2502>. Email: [mrejon@docentes.uat.edu.mx](mailto:mrejon@docentes.uat.edu.mx)

† Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Planeación Urbana y Regional. Calle Mariano Matamoros casi esquina Paseo Tollocan s/n, Colonia Universidad, Toluca, 50130, Estado de México, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6584-8868>. Email: [jrcalderonm@uaemex.mx](mailto:jrcalderonm@uaemex.mx)

through the Emerging and Sustainable Cities Initiative Methodological Guide (ICES), by the Inter-American Development Bank (IDB). The Urban Sustainability Index in Metropolitan Zones (ISUZM) was calculated not with the traffic light technique indicated in the guide but with the Multivariate Analysis technique, in particular with the Principal Component Analysis method, and the Exploratory Analysis of Spatial Dice (AEDE) technique was

applied. Clusters with high levels of urban sustainability were identified corresponding to the municipalities of Cuautlancingo (higher urban sustainability), Puebla, San Pedro Cholula, San Andrés Cholula and San Martín Texmelucan, Mexico.

**Keywords:** urbanization, urban configuration, environmental problems, sustainable development, sustainable city.

## INTRODUCCIÓN

El acelerado crecimiento urbano de las principales urbes es un fenómeno sin precedentes, lo que da pauta a nuevas configuraciones urbanas como las zonas metropolitanas, el nodo metropolitano, la región urbana y el corredor regional, entre otras. Además de generar diversas problemáticas ambientales, por el aumento del consumo de suelo o la demanda de alimentos y recursos naturales, la urbanización ha deteriorado ecosistemas difíciles de restaurar y se observa cada día la pérdida de las comunidades vegetales y con ello también de la biodiversidad, la degradación de los suelos, el abatimiento de los mantos acuíferos, la contaminación del agua, entre otros (Hernández, 2009).

Además, durante la última década (2010-2020), el consumo de materias primas ha alcanzado un ritmo que comprometerá la capacidad del planeta si no se consigue frenar o cambiar el actual modelo de producción y consumo. Esta preocupación no es nueva, ha sido impulsada ampliamente por ambientalistas como Rachel Carson desde los años 1960 y por los gobiernos a finales de los años 1980. Sobresale el Informe Brundtland, en donde se definió por primera vez el concepto de desarrollo sostenible (Prieto-Sandoval *et al.*, 2017), definida como: “satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las propias” (ONU, 1987, p. 23).

Sobre la dinámica demográfica, se observa que, en 2015, el 54% de la población mundial vivía en zonas urbanas (4000 millones de habitantes), para 2036 se espera que el crecimiento alcanzará 62% (5400 millones de habitantes) de la población mundial viviendo en zonas urbanas. Para el caso de América Latina, 18% de su población urbana reside en megaciudades (ONU-Hábitat, 2020).

En el caso de México, como el resto del mundo, durante el siglo XX e inicios del XXI, se han presentado cambios en sus dinámicas urbanas, que se reflejan en los patrones actuales del proceso de expansión urbana, y en una serie de impactos sociales, económicos y ambientales que se reflejan en las zonas urbanas como rurales. La más reciente delimitación de las zonas metropolitanas identificó 74 zonas conformadas por 417 municipios (SEDESOL *et al.*, 2018) distribuidos por todo el país, concentrando un total de 80 164 508 habitantes (INEGI, 2021a), lo que representa 63.6% del total de población nacional. Es importante resaltar que en las 32 entidades federativas se presentan procesos metropolitanos.

En este artículo ponemos especial énfasis en una de ellas, donde se han observado cambios importantes en su dinámica urbana, la Zona Metropolitana de Puebla-Tlaxcala. En 1990 concentraba más de 1.7 millones de habitantes (INEGI, 1990) y para 2020 la cantidad aumentó a más de 3.1 millones (INEGI, 2021a). Cuenta con una superficie estimada de 2380.35 km<sup>2</sup> y una densidad de población de 1344.14 personas por cada km<sup>2</sup>.

Este conjunto de elementos destaca el papel relevante de las ciudades, que concentran un elevado porcentaje de la población global y de actividades económicas, además de la influencia económica a distintas escalas. De ahí la importancia de la *sostenibilidad urbana* para lograr un mejor desarrollo de carácter multidimensional y sostenible, y con ello garantizar las condiciones de vida tanto de las generaciones presentes como futuras.

Atendiendo los retos que enfrentan las ciudades y sus distintas dimensiones de análisis, es fundamental su estudio desde el enfoque del desarrollo sostenible para una mejor comprensión de los procesos urbanos. En tal sentido, es importante considerar los grandes acuerdos mundiales sobre el

medio ambiente, entre los que destacan (Edwards y Hyett, 2004, p. XII): el *Libro Verde sobre el Medio Ambiente Urbano*, publicado en 1990; la Cumbre de la Tierra, realizada en Río de Janeiro en 1992; la Conferencia Hábitat de 1996, la Conferencia de Kioto sobre el Calentamiento Global, celebrada en 1996, y la Conferencia de la Haya sobre el Cambio Climático, llevada a cabo en el año 2000. Estos grandes acuerdos establecen acciones para el cuidado y conservación del medio ambiente, cuyas metas han cumplido, en mayor o menor medida, distintos países del mundo, con base a sus propias capacidades económicas, tecnológicas, políticas y sociales.

En lo que va del siglo XXI, destacan la Agenda 2030 y la Nueva Agenda Urbana (NU y CEPAL, 2018; NU, 2017), la Conferencia de las Partes de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COP21), así como la undécima sesión de la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes del Protocolo de Kioto (COP-MOP11) (MITECO, 2021); estas se toman como ejes rectores para la búsqueda de la sostenibilidad ambiental, considerando sus dimensiones ya sea estableciendo metas, acciones y estrategias a desarrollar a corto, mediano y largo plazo. En este sentido la comunidad científica internacional ha propuesto herramientas de evaluación y guías metodológicas basadas en indicadores que miden, monitorean y evalúan el progreso de las ciudades hacia la sostenibilidad (Ortiz y Quesada, 2022). El abordaje de la sostenibilidad y su evolución se observa en la Figura 1. Durante el periodo que va desde el siglo XVIII a la década de 1980, se consideraban los sistemas económico, social y ambiental, como elementos distanciados y sin relación aparente; la perspectiva cambió para el periodo 1987-1990, centrándose en las relaciones entre sus

componentes. La década de 1990 al 2000 se centró en su combinación. Y durante el nuevo milenio se ha incorporado una cuarta dimensión, el “tiempo”, ya que las acciones tienen un impacto a corto, mediano y largo plazo (Prieto-Sandoval *et al.*, 2017).

Para la *sostenibilidad*, abordada desde un enfoque multidimensional, se utilizó la definición del Ministerio de Vivienda del Gobierno de España (2010), que expresa lo siguiente: “Tiene que ver con los costos ambientales y sociales del metabolismo de la sociedad y los límites admisibles por el planeta y por la propia sociedad” (p. 11). Combinada con el concepto de *desarrollo sostenible* da pauta a lo que se define como una *ciudad sostenible*.

En este trabajo de investigación se utilizó la conceptualización del BID, que la define como “aquella que ofrece una adecuada calidad de vida a sus ciudadanos, minimiza sus impactos al medio natural, preserva sus activos ambientales y físicos para generaciones futuras, y promueve el desarrollo económico y la competitividad. De la misma manera, cuenta con un gobierno con capacidad fiscal y administrativa para llevar a cabo sus funciones urbanas con la participación de la ciudadanía” (BID, 2016a, p.17).

Derivado de lo anterior, el objetivo principal de esta investigación es evaluar la Iniciativa Ciudades Emergentes y Sostenibles (ICES), para el caso de la Zona Metropolitana Puebla-Tlaxcala, una de las más pobladas del país.

Para medir la sostenibilidad, con un enfoque multidimensional, nos apoyamos en el documento del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), el cual analizó el proceso de urbanización en las últimas décadas en América Latina y el Caribe (ALC), y elaboró en 2010 la Iniciativa de Ciudades Emergentes y Sostenibles (ICES). Para ello, estableció tres

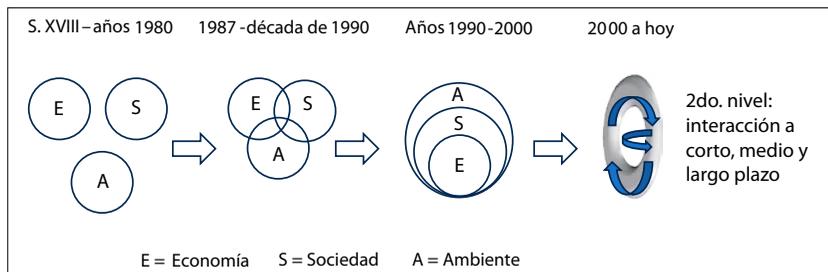


Figura 1. Evolución del concepto de desarrollo sostenible. Fuente: Prieto-Sandoval *et al.* (2017, p. 89).

dimensiones de análisis: 1) sostenibilidad ambiental y cambio climático; 2) sostenibilidad urbana, y 3) sostenibilidad fiscal y gobernabilidad (BID, 2016a), que abarcan 11 pilares, 30 temas y 67 subtemas; en conjunto representan 127 indicadores (BID, 2016b).

Para la definición de un *indicador* se utilizó la reportada por Hernández (2009, p. 89), quien apunta que “es una variable o estimación urbana que provee una información agregada, sintética, respecto a un fenómeno más allá de su capacidad de representación propia. Es decir, se le dota exógenamente de su valor añadido”.

De los aportes teóricos y metodológicos, en la sección de Resultados y Discusión se presenta una síntesis del análisis de la sostenibilidad urbana, considerando sus distintas dimensiones de estudio en una de las principales zonas metropolitanas del país, la cual se localiza en la Megalópolis de la Zona Metropolitana del Valle de México,<sup>1</sup> misma que es una zona de interés por su gran dinamismo urbano.

## METODOLOGÍA

Para el análisis de la sostenibilidad urbana se generó un índice resumen como subíndices resultantes, que funcionan como una gama de instrumentos sumados al uso de técnicas cuantitativas de análisis espacial, y que permiten el análisis del territorio y el manejo de grandes volúmenes de información estadística. Y da como resultado la identificación de factores que permiten, o no, la búsqueda de la sostenibilidad urbana, abordada desde una perspectiva ambiental. El índice, como los subíndices, se construyeron a través de uno de los métodos más utilizados para el análisis multidimensional, el método de análisis de componentes principales (ACP) mediante el uso de 33 indicadores cuantitativos correspondientes a las tres dimensiones. Hemos denominado al índice resultante como índice de sostenibilidad urbana en zonas metropolitanas (ISUZM) en relación con la escala de su evaluación.

<sup>1</sup> La Megalópolis de la Zona Metropolitana del Valle de México se encuentra conformada por la Ciudad de México, Estado de México, Hidalgo, Puebla, Morelos, Querétaro y Tlaxcala (CAME, 2018).

El desarrollo metodológico se estructuró en cuatro subapartados: 1) una breve descripción del método de análisis de componentes principales para la construcción del índice como subíndices desde un carácter multidimensional; 2) un análisis exploratorio de datos espaciales (AEDE), para encontrar los distintos patrones en la zona de estudio; 3) las fuentes de información seleccionadas para la construcción del índice resumen, 4) la explicación de la construcción tanto del índice como de los subíndices mediante la selección del método de ACP. Describimos cada apartado a continuación.

### Análisis de componentes principales

Para la construcción del índice resumen, así como de los subíndices que permiten medir la sostenibilidad urbana desde un carácter multidimensional, se elabora el ACP, se tomó como sustento un conjunto de indicadores para su conformación, y se partió de las dimensiones de la metodología de la Iniciativa de Ciudades Emergentes y Sostenibles (ICES) del BID.

Es importante destacar que el análisis espacial adquiere dos connotaciones en el ámbito de la geografía: 1) considera el procesamiento de datos espaciales, y 2) toma en cuenta únicamente aspectos geométricos y estructurales de las entidades espaciales. Y la estadística espacial, llevada a cabo mediante el uso de los sistemas de información geográfica (SIG), se focalizan en los componentes espaciales y se accede a sus atributos para realizar cálculos. Para ello se apoya en una de las áreas de la estadística espacial, la geoestadística, que corresponde a la estimación de valores espaciales a partir de un conjunto de datos en localizaciones puntuales conocidas (Buzai y Montes, 2021).

Es importante la instrumentación de la geoestadística, el análisis cartográfico, la identificación de valores y su ubicación en el espacio, la evaluación de su distribución en el territorio y el cálculo de medidas de localización; entre otros aspectos. En tal sentido, la necesidad de emplear herramientas de análisis geoestadístico para el estudio de datos espaciales orientados a la sostenibilidad urbana ha cobrado importancia para su análisis, por lo que se optó por el uso del método de análisis de componentes principales (ACP), una técnica

estadístico-matemática que permite estudiar la estructura subyacente de los datos y reexpresar los datos originales, lo que permite reducir las dimensiones de análisis, y facilita una visión más simple del fenómeno de estudio, cuyo resultado permite la creación de un índice resumen del fenómeno que es representado espacialmente (García, 2013; De Las Heras *et al.*, 2020a).

### **Análisis espacial de la sostenibilidad multidimensional**

Una forma de analizar los procesos urbanos es el uso de técnicas de análisis espacial entre las que destaca la econometría espacial, mediante el uso de las técnicas del análisis exploratorio de datos espaciales (AEDE). El AEDE debe constituir el primer eslabón en un análisis para la toma de decisiones para investigaciones de tipo ambiental, social y económica, cuyas técnicas principales a través de la estadística y la representación gráfica, posibilitan el análisis de las distribuciones espaciales y agrupamientos (De Corso y Pinilla, 2017).

Con respecto al análisis espacial, De Corso y Pinilla (2017) hacen mención de la herramienta de autocorrelación espacial (I de Morán global), que mide la autocorrelación espacial basada en ubicaciones y los valores de las entidades. Si se analiza un conjunto de entidades y un atributo asociado, permite evaluar si el patrón expresado está agrupado, disperso o con un patrón aleatorio. La herramienta calcula el índice de I de Morán y una puntuación z. El estadístico de prueba de I de Morán para contrastar la autocorrelación espacial es el estimado de la pendiente de la regresión por mínimos cuadrados ordinarios.

El I de Morán hace referencia a la distribución de una variable en el espacio y da indicios de la (in)existencia de autocorrelación espacial. Es considerado como un estadístico global debido a que concentra en una sola cifra el patrón de distribución territorial del fenómeno de estudio. Su representación algebraica queda denotada por la siguiente ecuación (Pérez *et al.*, 2022, p. 11):

$$I = \frac{n}{\sum_{i=1}^{i=n} w_{ij}} * \frac{\sum_{i=1}^{i=n} w_j \sum_{j=1}^{j=n} w_{ij} (y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^{i=n} (y_i - \bar{y})^2 (x_j - \bar{x})}$$

Donde

$I$  = Índice de Morán

$n$  = Número de las unidades en el mapa

$W_{ij}$  = Matriz de distancias que define si las áreas o puntos geográficos,  $i$  y  $j$ , son vecinos

$y$  = Valor observado de los índices o de los elementos geográficos

El I de Morán toma valores que oscilan entre el -1 y 1, lo que permite evaluar si los datos se encuentran dispersos, distribuidos aleatoriamente o si se encuentran agrupados negativa o positivamente, identificando con ello un patrón de comportamiento de la dependencia espacial que se refleja espacialmente con la conformación de clústeres o agrupamientos (Pérez *et al.*, 2022). Además, existen indicadores locales de asociación espacial (LISA) que permiten identificar clústeres o agrupaciones espaciales de la variable de análisis. Esto posibilita obtener entornos favorables o no, basados en la agrupación de un número determinado de entidades que pueden compartir sinergias económicas o interterritoriales. El I de Morán (I Anselin local de Morán) se define de la siguiente manera (Anselin, 2013, como se citó en Pérez *et al.*, 2022):

$$I_j = \frac{(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 / n} \sum_{j=1}^n (y_j - \bar{y}) \text{ para } i \neq j$$

Mediante esta función se intenta calcular la I de Morán local para cada entidad, y determinar el grado en el que cada uno es similar a sus vecinos. Esta medida local también se estandariza de tal manera si  $Z(I_j)$  es estadísticamente significativa, señalando la existencia de un clúster dado o un agrupamiento. El resultado muestra agrupaciones producidas donde un estado presenta un valor alto (o bajo) para la variable que está cerca de aquellos estados que también tiene valores altos (o bajos) (áreas con valores similares) y atípicos o valores extremos (áreas cuyos valores difieren entre sí). La ventaja de este indicador con respecto al I de Morán global es que, además de determinar si existe o no autocorrelación espacial, permite identificar dónde se encuentra (Pérez *et al.*, 2022). La autocorrelación espacial, mide y analiza el grado de dependencia entre las observaciones en un espacio geográfico,

una autocorrelación espacial positiva, indica la agrupación de valores similares en el espacio geográfico; mientras que una autocorrelación negativa, indica que los valores vecinos son más disímiles de lo esperado, lo que sugiere un patrón espacial similar al de un tablero de ajedrez (Battha, 2010).

El índice de autocorrelación espacial local de Morán se calculó en el programa GeoDa 1.20.0.10, con el ISUZM para el caso de los municipios que conforman la Zona Metropolitana Puebla-Tlaxcala. En donde el pseudo valor  $P$ , se calculó determinando la proporción de valores del índice de Autocorrelación Espacial Local de Morán, generando a partir de permutaciones (999) que mostraron la conformación de clústeres. La proporción obtenida (pseudo valor  $P$ ) fue de 0.05, pudiendo identificarse agrupaciones estadísticamente significativas.

### Selección de indicadores y fuentes de información

Para el abordaje multidimensional de la sostenibilidad urbana, se toma como eje rector la metodología ICES, la cual comprende una serie

de temáticas (Tablas 1, 2, y 3), agrupadas en las grandes dimensiones que se componen, lo que da pauta a la organización de los indicadores de los subíndices para calcular el ISUZM. Un elemento de la mayor importancia a resaltar es la limitante en la disponibilidad de información a escala municipal, como en el desarrollo de los distintos temas que considera el BID (2016b).

En la construcción de los indicadores a una escala municipal se consultaron bases de datos de instituciones públicas mexicanas. Recopilando datos adecuados para la elaboración de 33 indicadores, estructurados en Dimensión I Sostenibilidad ambiental y cambio climático, 12 indicadores; Dimensión II Sostenibilidad urbana, 18 indicadores, y Dimensión III Sostenibilidad fiscal y gobernabilidad, tres indicadores.

Con relación a la Dimensión II, el indicador 8 de Movilidad interna de la población se calculó con el siguiente procedimiento, conforme a Vázquez (2016), para el caso de movilidad laboral y se complementó para la estimación de la movilidad estudiantil:

Tabla 1. Dimensión I Sostenibilidad ambiental y cambio climático.

Temas de sostenibilidad	Indicador	Unidades	Fuente
I. Agua	1. Cobertura de agua	Porcentaje de viviendas con agua potable	INEGI (2021 <sup>a</sup> )
	2. Disponibilidad de recursos hídricos	Volumen concesionado de agua (metros cúbicos) por habitante	CONAGUA (2022)
	3. Concentración de contaminantes en las aguas superficiales	Existencia de estaciones de mantenimiento en el municipio de demanda bioquímica de oxígeno DBO5	CONAGUA, (2023)
	4. Cobertura de sistema de drenaje habitacional	Porcentaje de viviendas con sistema de drenaje	INEGI (2021 <sup>a</sup> )
II. Saneamiento y alcantarillado	5. Tratamiento de aguas residuales	Existencia de instalación de tratamiento de aguas residuales en el municipio	CONAGUA (2022)
	6. Efectividad del drenaje	Capacidad de tratamiento de aguas residuales (metros cúbicos) respecto al volumen concesionado	CONAGUA (2022, 2023)
III. Gestión de residuos sólidos	7. Cobertura de recolección de residuos sólidos	Existencia de servicio de recolección de residuos sólidos urbanos	INEGI (2022)
	8. Eliminación final adecuada de residuos sólidos	Existencia de servicio de tratamiento de residuos sólidos urbanos	INEGI (2022)

Tabla 1. Continuación.

Temas de sostenibilidad	Indicador	Unidades	Fuente
IV. Energía	9. Cobertura energética	Porcentaje de Viviendas con suministro de energía eléctrica	INEGI (2021a)
V. Calidad del aire	10. Control de la calidad del aire	Existencia de estaciones de monitoreo en el municipio	SINAICA (2023)
VI. Mitigación del cambio climático	11. Planes y objetivos de mitigación	Existencia de planes y objetivos de mitigación	INECC (2020)
VII. Vulnerabilidad ante desastres naturales	12. Sensibilidad ante desastres naturales	Riesgo de inundación a nivel municipal	CENAPRED (2017)

Fuente: elaboración a partir de datos del Censo de Población y Vivienda 2020 (INEGI, 2021a); Sistema Nacional de Información del Agua (CONAGUA, 2022); Calidad del Agua Superficial a nivel nacional (CONAGUA, 2023); Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Demarcaciones Territoriales de la Ciudad de México 2021 (INEGI, 2022); Sistema Nacional de Información de la Calidad del Aire (SINAICA) (INECC 2022); Instrumentos de política climática por estado, a partir de información aportada por los gobiernos estatales (INECC, 2020), y Atlas Nacional de Riesgos (CENAPRED, 2017).

Tabla 2. Dimensión II Sostenibilidad urbana.

Temas de sostenibilidad	Indicador	Unidades	Fuente
I. Uso del suelo y ordenamiento del territorio	1. Densidad	Habitantes por kilómetro cuadrado	INEGI (2021 <sup>a</sup> )
	2. Vivienda	Porcentaje de viviendas particulares con hacinamiento	CONAPO (2021)
	3. Áreas verdes y de recreación	Superficie de áreas verdes por habitante (metros cuadrados por habitante)	INEGI (2021b)
	4. Pobreza	Porcentaje de población en situación de pobreza	CONEVAL (2021 <sup>a</sup> )
II. Desigualdad urbana	5. Segregación socioespacial	Índice de segregación	Elaboración con base en De Las Heras <i>et al.</i> (2020a)
	6. Desigualdad de ingresos	Coefficiente de GINI	CONEVAL (2021b)
	7. Seguridad vial	Víctimas de accidentes de tráfico por 100,000 habitantes	INEGI (2021d)
III. Movilidad y transporte	8. Movilidad interna de la población	Porcentaje de población que se desplaza por motivos de trabajo o estudio	Elaboración propia
IV. Competitividad de la economía	9. Producto Bruto	Valor Agregado Bruto Censal por habitante	INEGI (2020, 2021a)
V. Empleo	10. Desempleo	Porcentaje de población desocupada sobre la PEA	INEGI (2021a)
	11. Empleo informal	Porcentaje de población ocupada en el sector informal	INEGI (2020, 2021a)
VI. Conectividad	12. Internet	Porcentaje de viviendas particulares habitadas con servicio de internet	INEGI (2021a)
	13. Telefonía	Porcentaje de viviendas particulares habitadas con teléfono celular	INEGI (2021a)

Tabla 2. Continuación.

Temas de sostenibilidad	Indicador	Unidades	Fuente
VII. Educación	14. Calidad educativa	Grado promedio de escolaridad (Resultado de dividir el monto de grados escolares aprobados por las personas de 15 a 130 años de edad entre las personas del mismo grupo de edad. Excluye a las personas que no especificaron los grados aprobados)	INEGI (2021a)
	15. Asistencia escolar	Porcentaje de población de entre 3 y 14 años que asiste a la escuela	INEGI (2021a)
	16. Educación superior	Porcentaje de población de 18 años y más con educación posbásica	INEGI (2021a)
VIII. Seguridad	17. Violencia	Número de delitos por cada 100,000 habitantes	SESNSP (2022)
IX. Salud	18. Provisión de servicios de salud	Porcentaje de población afiliada a servicios de salud	INEGI (2021a)

Fuente: elaboración propia a partir de datos del Censo de Población y Vivienda 2020 (INEGI, 2021a); Marco Geoestadístico. Censo de Población y Vivienda 2020 (INEGI, 2021b); Muestra del Censo de Población y Vivienda 2020. Cuestionario ampliado (INEGI, 2021c); Índice de marginación por municipio, con base en el Censo de Población y Vivienda 2020 (CONAPO, 2021); Pobreza a nivel municipio 2010-2020 (CONEVAL, 2021a); Índice de segregación (De Las Heras et al., 2020a); Cohesión Social Municipios (CONEVAL, 2021b); Accidentes de tránsito terrestre en zonas urbanas y suburbanas (INEGI, 2021d); Censos Económicos 2019 (INEGI, 2020), Incidencia delictiva del Fuero Común Municipal 2015-2022 (SESNSP, 2022).

Tabla 3. Dimensión III Sostenibilidad Fiscal y Gobernabilidad.

Temas de sostenibilidad	Indicador	Unidades	Fuente
I. Impuestos y autonomía	1. Ingresos e impuestos municipales	Indicador calculado mediante el índice de Autonomía Financiera	INEGI (2023) y Barcelata Chávez (2015)
II. Gestión del gasto	2. Calidad del gasto público	Indicador calculado mediante el índice de gasto público municipal	INEGI (2020, 2023) y Barcelata Chávez (2016)
III. Deuda	3. Sustentabilidad de la deuda municipal	Municipios con deuda pública	SHCP (2022)

Fuente: elaboración propia a partir de datos del Censo Económico 2019 (INEGI, 2020); Estadística de Finanzas Públicas Estatales y Municipales 1989-2021, información anual, cifras preliminares 2021 (INEGI, 2022); Financiamientos y Obligaciones Inscritos en el Registro Público Único (SHCP, 2022), y Barcelata Chávez (2015).

$$P = \frac{\Sigma \text{PME} + \Sigma \text{PMT}}{\text{PTMie}} \cdot 100$$

En donde:

$\Sigma \text{PME}$  = Población que se desplaza por motivos de estudio dentro del municipio (INEGI, 2021c)

$\Sigma \text{PMT}$  = Población que se desplaza por motivos de trabajo dentro del municipio (INEGI, 2021c)

$\text{PTMie}$  = Población total del municipio ie estimada (INEGI, 2021c).

La Dimensión III incluye solo tres indicadores, además de que considera si el municipio se encuentra con deuda pública, situación que puede modificar la focalización del presupuesto anual, para el desarrollo e instrumentación de políticas públicas.

Es conveniente mencionar que las fuentes de información utilizadas son de carácter público, que el periodo de análisis, conforme a los datos disponibles, es de 2017 a 2020 para la construcción de los indicadores de las tres dimensiones, con la finalidad de tener la visión más reciente para la elaboración del índice como sus subíndices.

### Elaboración de índice de sostenibilidad urbana en zonas metropolitanas

Para los fines de la evaluación de la metodología ICES con un enfoque multidimensional, se elaboró el índice de sostenibilidad urbana en zonas metropolitanas (ISUZM) a partir de 33 indicadores agrupados en las tres dimensiones, cada una correspondiente a un subíndice. El subíndice de la Dimensión I se compone a su vez de dos subíndices, uno con cinco indicadores numéricos y el otro con siete de tipo nominal. Los tres subíndices permitieron el cálculo del índice, mismos que se elaboraron con el método de análisis de componentes principales para lo cual se empleó el software SPSS (Programa Estadístico para las Ciencias Sociales) versión 25.

La organización de las dimensiones de la sostenibilidad se traduce en términos estadísticos de la siguiente forma:

$$ISUZM = \bar{X}_{DI} (VDI) + \bar{X}_{DII} (VDII) + \bar{X}_{DIII} (VDIII)$$

ISUZM = Índice de sostenibilidad urbana en zonas metropolitanas

$\bar{X}$  = Función ponderada

DI = Dimensión I *Sostenibilidad ambiental y cambio climático*

VDI = Variables de Dimensión I (12 indicadores)

DII = Dimensión II *Sostenibilidad urbana*

VDII = Variables de Dimensión II (18 indicadores)

DIII = Dimensión III *Sostenibilidad fiscal y gobernabilidad*

VDIII = Variables de Dimensión III (3 indicadores)

Para el cálculo de los componentes principales se estandarizaron las variables para que fueran comparables entre sí. Y se organizaron los indicadores con-

forme a su Dimensión de análisis para el cálculo de los subíndices de acuerdo con la siguiente estructura:

- Subíndice DIb1. Es el subíndice con dos tipos de indicadores, cinco de tipo número y siete binarios, en donde el 0 significa ausencia y 1 presencia. Para el caso de los indicadores de tipo numérico se llevó a cabo su estandarización y ACP. En el caso de los siete indicadores binarios se calculó su subíndice de mediante el siguiente procedimiento para su posterior ACP:
- Subíndice DIb2 = [(Concentración de contaminantes en las aguas superficiales + Tratamiento de aguas residuales + Cobertura de recolección de residuos sólidos + Eliminación final adecuada de residuos sólidos + Control de la calidad del aire + Planes y objetivos de mitigación + Sensibilidad ante desastres naturales) /7]\*100.
- Subíndice DII. Consta de 18 indicadores, los cuales fueron estandarizados y se aplicó el ACP.
- Subíndice DIII. Consta de tres indicadores que también se estandarizaron, para posteriormente aplicar el ACP.

Sobre la validación del índice y de los subíndices que lo integran, se realizó con la obtención de la varianza total explicada, la cual debe ser superior a 50% en el segundo componente (De Las Heras, 2020b). En el subíndice Dimensión I fue de 68.814%, Subíndice de la Dimensión II fue de 57.473%, y de la Dimensión III fue de 81.339%. Para el ISUZM se obtuvo 84.742% de varianza en el segundo componente. El ISUZM fue reescalado para su representación y análisis en 5 rangos de sostenibilidad urbana, mediante la técnica de Dalenius y Hodge en los siguientes estratos: Muy bajo (-1.610000 a -0.901429); Bajo (-0.901428 a -0.192859); Medio (-0.192858 a 0.515716); Alto (0.515717 a 1.224289) y Muy alto (1.224290 a 3.350006).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este apartado se muestran los resultados de la evaluación de la metodología para observar los gra-

dos de sostenibilidad urbana multidimensional en la Zona Metropolitana de Puebla-Tlaxcala para el año 2020, calculado para los 39 municipios que lo conforman y una población en 2020 de 3 199 530 habitantes (INEGI, 2021a). El comportamiento del ISUZM, en la mayoría de los municipios, presenta un índice de sostenibilidad multidimensional bajo (Figura 2).

Son 5 los municipios con un ISUZM con un rango Muy alto: Cuautlancingo (mayor sostenibilidad urbana), Puebla, San Pedro Cholula, San Andrés Cholula y San Martín Texmelucan, ubicados en el estado de Puebla, y cuatro de ellos conforman un agrupamiento en el centro de la Zona Metropolitana. Además, se distingue un patrón disperso entre los distintos grados de sostenibilidad urbana

multidimensional, con ligeros agrupamientos de estos correspondiente a los grados Alto, Medio, Bajo y Muy bajo. Otro elemento por resaltar es que al noroeste y norte se conforma un corredor de municipios con un grado de sostenibilidad urbana medio.

El nivel Bajo de sostenibilidad es el predominante, 19 de los 39 municipios analizados, con un patrón en su distribución aleatorio y que forman dos agrupamientos localizados al oeste, correspondientes a los municipios de San Felipe Teotlancingo y Chiautzingo, otro al este, que comprende los municipios de Acuamanala de Miguel Hidalgo, San Juan Huactzinco, San Lorenzo Axocomanitla, San Pablo del Monte y Tepeyanco, localizados en el estado de Tlaxcala.

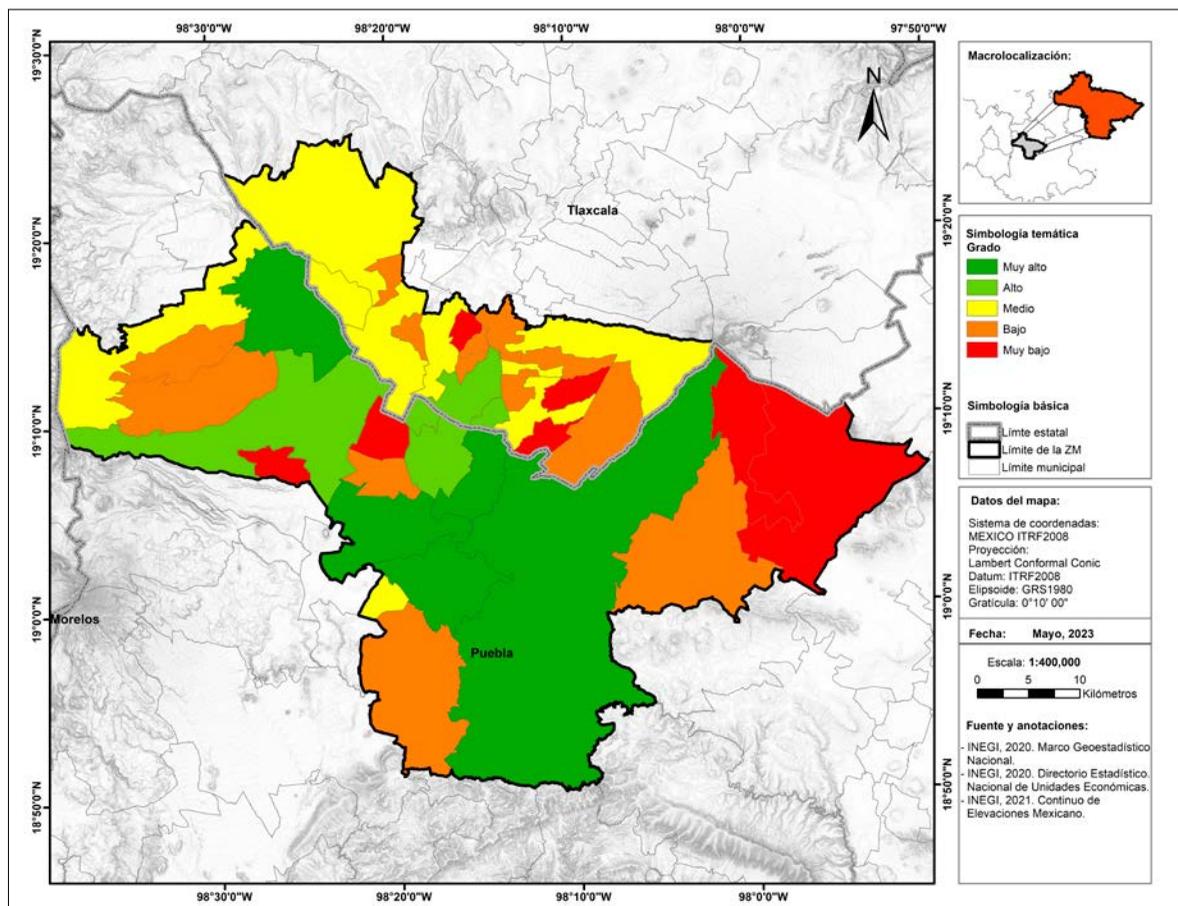


Figura 2. Niveles de sostenibilidad urbana multidimensional en la Zona Metropolitana Puebla-Tlaxcala en 2020. Fuente: elaboración propia a partir del Marco Geoestadístico (INEGI, 2021b).

De acuerdo con la Tabla 4, el nivel de sostenibilidad con mayor concentración de población le corresponde al rango Muy alto, con 71.21% (2 275 235 habitantes en 2020) del total de la población de la ZM y en una superficie de 799.24 km<sup>2</sup>, lo que representa 33.58% de la extensión total. Le siguen aquellos municipios con un nivel de sostenibilidad Bajo, en 13 municipios que concentran 11.35% de la población total y en una superficie de 529.81 km<sup>2</sup>, lo que representa 22.26% del total de su territorio.

Los municipios con sostenibilidad urbana Muy baja se encuentran municipios con una concentración del 4.24% (135 813 habitantes) del total de población, en una superficie de 309.17 km<sup>2</sup>, 12.99% del total.

Uno de los hallazgos a resaltar es que, a pesar de no existir una relación aparente entre la presencia de los distintos niveles de sostenibilidad urbana multidimensional con su representatividad espacial y demográfica entre los municipios con niveles bajos de sostenibilidad. En contraste con aquellos con mayores niveles de sostenibilidad entre los niveles “Muy altos y Altos”, ya que en conjunto concentran 77.77% del total de la población y 44.23% del total de la superficie.

En el caso del comportamiento de la sostenibilidad urbana multidimensional, aplicando técnicas de asociación espacial, se calculó el índice de autocorrelación global de Morán, que fue de 0.109 (Figura 3), lo que se traduce en la presencia en la zona de estudio de uno o varios agrupamientos

espaciales de unidades territoriales con valores de sostenibilidad urbana similares.

Sobre el comportamiento del diagrama de dispersión de la Figura 3, se observa que la pendiente de la recta de regresión, formado con el eje de abscisas, indica la importancia de la autocorrelación existente, en este caso se observa una autocorrelación espacial baja. Esta se localiza en los cuadrantes Alto-Bajo y Bajo-Alto (Figura 4), donde se ubican las unidades espaciales (municipios) con un ISUZM con valores superiores o inferiores a la media de la zona metropolitana, rodeados de municipios con características o valores similares respecto a su nivel de sostenibilidad urbana.

La Figura 2 muestra que el año 2020 presenta una baja significancia en la asociación espacial de los niveles de sostenibilidad urbana en los municipios que la conforman. Con relación a los resultados de la Figura 4, se observa la identificación de dos tipos de clúster, uno Alto-Alto localizado en la parte centro-este de la zona metropolitana, y dos de tipo Bajo-Alto, ubicados al suroeste y centro-noreste. Por otro lado, la mayoría de los municipios presentan valores no significativos<sup>2</sup>, como puede verse en la Tabla 5.

Como se observa en la Tabla 5, el clúster Alto-Alto se encuentra en tres municipios que son ve-

<sup>2</sup> 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.

Tabla 4. Distribución espacial del grado de sostenibilidad urbana multidimensional por municipios en 2020.

Nivel de sostenibilidad urbana	Número de municipios	Población 2020	Porcentaje de población sobre el total	Superficie total (kilómetros cuadrados)	Porcentaje de superficie sobre el total
Muy bajo	7	135 813	4.24	309.17	12.99
Bajo	13	363 306	11.35	529.81	22.26
Medio	9	212 171	6.63	488.61	20.53
Alto	5	210 005	6.56	253.51	10.65
Muy alto	5	2 278 235	71.21	799.24	33.58
Total	39	3 199 530	100.00	2380.34	100.00

Fuente: elaboración propia a partir del Censo de Población y Vivienda (INEGI, 2021a)

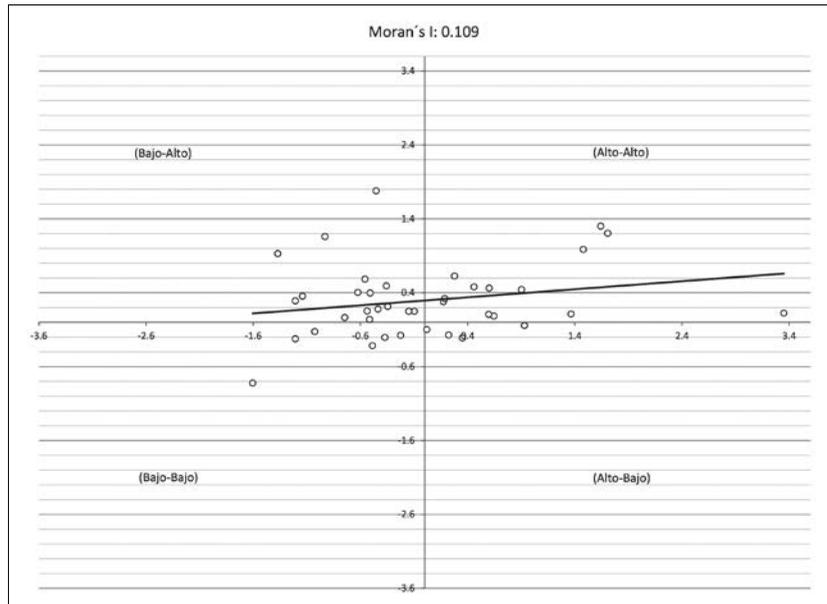


Figura 3. Diagrama de dispersión. Índice de autocorrelación global de Moran. Fuente: elaboración propia a partir del índice de sostenibilidad urbana para zonas metropolitanas.

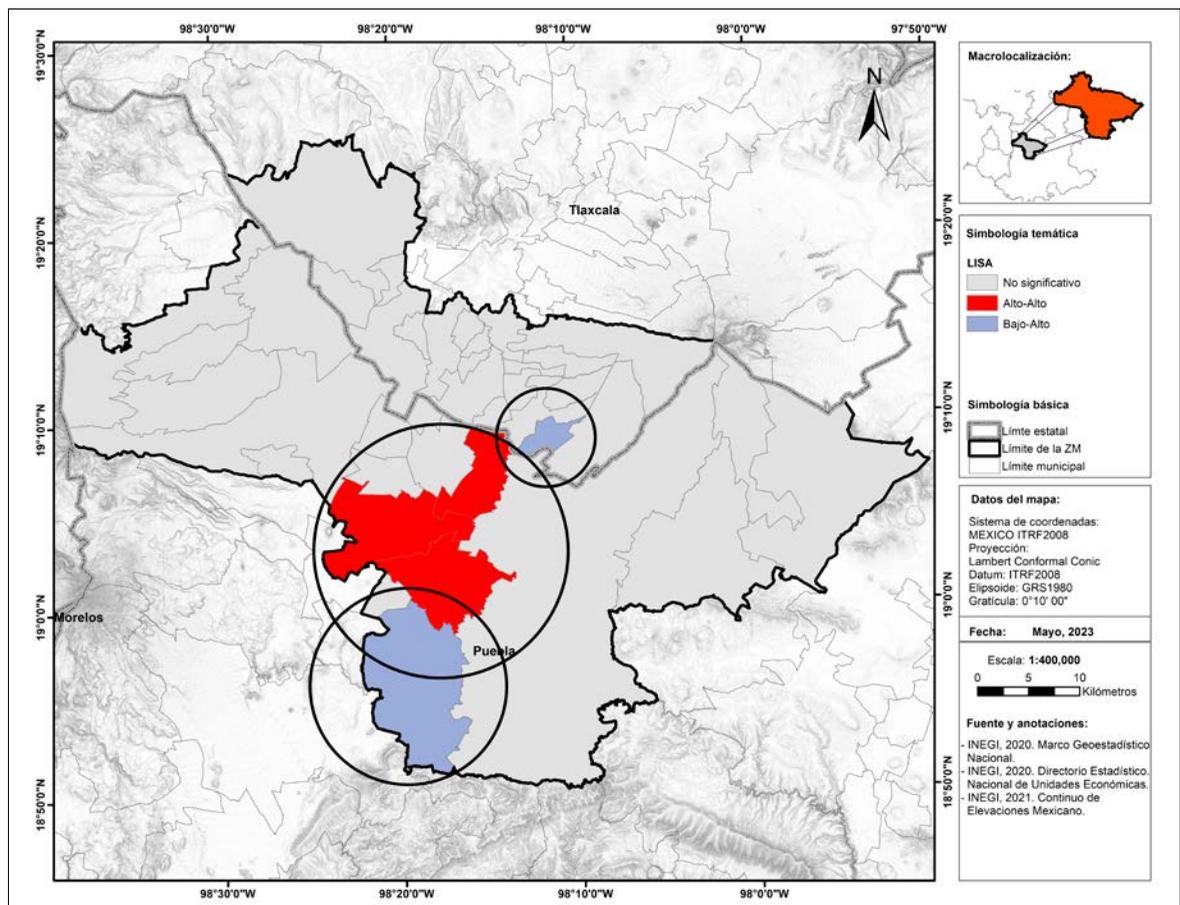


Figura 4. Análisis de Clúster y de valores atípicos (índice de autocorrelación espacial local de Morán) en 2020. Fuente: elaboración propia a partir del Marco Geoestadístico (INEGI, 2021b).

Tabla 5. Distribución espacial de los niveles de sostenibilidad multidimensional en 2020.

Tipo de clúster	Número de municipios	Población total (2020)	Porcentaje de población sobre el total
Alto-Alto	3	430 316	13.45
Bajo-Alto	2	55 643	1.74
No significativo	34	2 713 571	84.81
Total	39	3 199 530	100.00

Fuente: elaboración propia a partir del Censo de Población y Vivienda. (INEGI, 2021a).

cinos entre sí (Cauatlancingo, San Pedro Cholula y San Andrés Cholula), y forman un punto focal en la Zona Metropolitana. Concentra el 13.45% del total de la población en 2020, y destaca el que estos municipios son vecinos del municipio central de la Zona Metropolitana. Este tipo de clúster presenta niveles de sostenibilidad urbana Muy alta en los municipios que lo conforman. El clúster Bajo-Alto se encuentra en dos municipios (Ocoyucan y Tenancingo), y concentra el 1.74% de la población total. Sus niveles de sostenibilidad urbana se encuentran entre un nivel Bajo, localizado en el estado de Puebla, y Muy bajo, en el estado de Tlaxcala.

Sobre el comportamiento de los niveles de sostenibilidad urbana con un carácter multidimensional, los niveles de sostenibilidad urbana más altos se encuentran en el núcleo metropolitano como en algunos de sus vecinos más urbanizados, además de municipios con características semejantes. Además de que cuentan con ventajas comparativas en relación con otros municipios que integran la zona metropolitana, tales ventajas pueden ser económicas, de infraestructura o cobertura de servicios.

El análisis de la sostenibilidad urbana multidimensional a nivel municipal, correspondiente a una de las zonas metropolitanas de México, enfrenta el reto de la disponibilidad de la información, en particular en lo que respecta a su temporalidad. Y, aunque hay otras escalas de análisis posibles, como

la manzana urbana, el área geoestadística básica (AGEB), la localidad urbana y la sección electoral, sus limitantes son similares, por lo que aprovechamos las disponibles y actualizadas.

Los niveles de sostenibilidad urbana multidimensional, identificados con valores Muy altos y Altos en los municipios que integran la Zona Metropolitana Puebla-Tlaxcala, se localizan tanto en el municipio central, correspondiente a Puebla, localizado en la entidad del mismo nombre, como en algunos de sus vecinos con dirección al oeste. Sobre este comportamiento se puede explicar a las ventajas competitivas con otros municipios, ya sea en la parte presupuestaria, dotación de infraestructura y servicios, como en las condiciones relativas de vida de su población.

## CONCLUSIONES

Los diferentes estudios de la sostenibilidad urbana con un carácter multidimensional tienen una importancia que ha aumentado durante las últimas décadas, derivado de la dinámica urbana actual. Además, las ciudades son espacios donde se tiende a localizar la mayor cantidad de población y actividades económicas de los distintos países del mundo. En las ciudades se observan diferentes tendencias de urbanización que se reflejan en sus condiciones competitivas con las zonas rurales.

Como resultado de esta dinámica, se generan diferentes retos en la búsqueda de la sostenibilidad urbana, que se identifican, en mayor o menor medida, en las distintas partes del mundo. De esta manera, diferentes acuerdos globales proponen distintas acciones, para mitigar su impacto y disminuir sus repercusiones negativas. Por esto es relevante el desarrollo de instrumentos para medir sus avances o retrocesos, el desarrollo de políticas orientadas a la mejora continua y lograr la sostenibilidad urbana con un carácter multidimensional.

Asumiendo los retos actuales, este trabajo construyó de un índice resumen de sostenibilidad urbana con un carácter multidimensional. Demostramos la posibilidad de abarcar tres dimensiones que buscan una mejor sostenibilidad urbana, y consideramos aspectos ambientales, económicos

y sociales, así como sus diferentes temáticas y subtemáticas.

Es importante mencionar la debilidad de algunos indicadores, ligada a la disponibilidad de información, por ejemplo, si se cuenta o no con infraestructura para la dotación de servicios públicos, además de si tienen o no finanzas sanas para la implementación de políticas públicas, y que se observan en los siguientes indicadores: efectividad del alcantarillado (Indicador 6, Dimensión I); áreas verdes y de recreación (Indicador 3, Dimensión II); ingresos e impuestos municipales (Indicador 1, Dimensión III) y calidad del gasto público (Indicador 2, Dimensión III).

Como contraparte, la propuesta aplicada en la Zona Metropolitana de Puebla-Tlaxcala es susceptible de reproducirse en cualquiera de las zonas metropolitanas que se identifican en México o en el Sistema Urbano Nacional<sup>3</sup>

Otro aspecto relevante sobre la evaluación multidimensional de la sostenibilidad urbana es el desarrollo del indicador de movilidad interna, en la Dimensión II, que por sí solo proporciona información relevante sobre la cantidad de población que se desplaza por motivo de trabajo o estudio, complementado con datos sobre el tiempo y medio de traslado, lo que permite analizar la capacidad de carga que sufre el municipio en el apartado de movilidad, como la generación de gases de efectos invernadero.

Sobre la construcción del índice resumen, así como de sus subíndices, se resalta la importancia de las técnicas de análisis espacial como una forma de seguir evaluando los distintos acuerdos marco sobre la sostenibilidad urbana y el cumplimiento de sus objetivos. Además de que son una herramienta eficiente que nos permite obtener una nueva arista para su análisis y, en su caso, evaluar su éxito o fracaso en el desarrollo de políticas orientadas a la sostenibilidad urbana con un carácter multidimensional.

<sup>3</sup> Se identificaron 401 ciudades, de las cuales 74 son metrópolis, 132 conurbaciones y 195 centros urbanos (CONAPO, 2018).

## REFERENCIAS

- Barcelata, H. (2015). Círculos de pobreza y finanzas municipales en México. *Economía, Teoría y Práctica*, 42, 69-103.
- Bhatta, B. (2010). Measurement and Analysis of Urban Growth. En B. Bhatta. *Analysis of urban growth and sprawl from remote sensing data. Advances in Geographic Information Science* (pp. 85-106). Springer.
- BID (Banco Interamericano de Desarrollo). (2016a). *Guía metodológica Iniciativa Ciudades Emergentes y Sostenibles* (3ª. ed.). BID.
- BID (Banco Interamericano de Desarrollo). (2016b). *Guía metodológica Iniciativa Ciudades Emergentes y Sostenibles. Anexo de indicadores*. BID
- Buzai, G. y Montes, G. E. (2021). *Estadística espacial: Fundamentos y aplicación con Sistemas de Información Geográfica* (Versión 1.0). INIGEO.
- CENAPRED (Centro Nacional de Prevención de Desastres) (2017). Índice de vulnerabilidad de inundación. CENAPRED. Recuperado de: <http://www.atlasmexico.gob.mx/portal/fenomenos/>
- Comisión Ambiental de la Megalópolis (CAME). (2018, 16 de septiembre). *La megalópolis de la ZMVM*. <https://www.gob.mx/comisionambiental/articulos/la-megalopolis-de-la-zmvm?idiom=es>
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) (2022). Sistema Nacional de Información del Agua (SINA). CONAGUA. Recuperado de: <https://sina.conagua.gob.mx/sina/tema.php?tema=usosAgua#&cui-state=dialog>
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). (2023). Calidad Del Agua Superficial a nivel nacional. CONAGUA. Recuperado de: <https://www.gob.mx/conagua/articulos/calidad-del-agua>
- CONAPO (Consejo Nacional de Población). (2018). Sistema Urbano Nacional 2018. CONAPO. México.
- CONAPO (Consejo Nacional de Población). (2021). Índice de marginación por municipio, con base en el Censo de Población y Vivienda 2020. Recuperado de: <https://www.gob.mx/conapo/documentos/indices-de-marginacion-2020-284372>
- CONEVAL (Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social). (2021a). Pobreza a nivel municipio 2010-2020. Ciudad de México, México. Recuperado de: <https://www.coneval.org.mx/Medicion/Paginas/Pobreza-municipio-2010-2020.aspx>
- CONEVAL (Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social). (2021b). Cohesión Social Municipios. Recuperado de: [https://www.coneval.org.mx/Medicion/Paginas/Cohesion\\_Social.aspx](https://www.coneval.org.mx/Medicion/Paginas/Cohesion_Social.aspx)
- De Corso, G. y Pinilla, M. (2017). Métodos gráficos de análisis exploratorio de datos espaciales con variables espacialmente distribuidas. *Cuadernos Latinoameri-*

- canos de Administración, 13(25), 92-104. <https://doi.org/10.18270/cuaderlam.v13i25.2417>
- De Las Heras, D., Adame, S., Cadena, E., y Campos, J. (2020a). Sustentabilidad del desarrollo urbano en la Megalópolis de México: perspectiva desde el análisis espacial. *Economía, Sociedad y Territorio*, 20(62), 89-122. <http://dx.doi.org/10.22136/est20201441>
- De Las Heras, D., Adame, S., Cadena, E., y Campos, J. (2020b). Análisis espacial del Índice de Sustentabilidad Ambiental Urbana en la Megalópolis de México. *Investigaciones Geográficas*, 73, 147-169. DOI: <https://doi.org/10.14198/INGEO2020.HGAMCVCA>
- Edwards, B. y Hyett, P. (2004). *Guía básica de la sostenibilidad*. Gustavo Gili.
- García, H. I. (2013). *Modelo para el análisis multidimensional de la pobreza* [Tesis de maestría, Universidad Autónoma del Estado de México].
- Hernández, A. (2009). Calidad de vida y Medio Ambiente Urbano: indicadores locales de sostenibilidad y calidad de vida urbana. *Revista invi*, 24(65), 79-111.
- INECC (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático). (2020). Instrumentos de política climática por estado, a partir de información aportada por los gobiernos estatales. INECC. Recuperado de: <https://cambioclimatico.gob.mx/estadosymunicipios/Descargas.html>
- INECC (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático). (2022). Sistema Nacional de Información de la Calidad del Aire. INECC. Recuperado de: <https://sinaica.inecc.gob.mx/>
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (1990). XI Censo General de Población y Vivienda 1990. Aguascalientes, México. Recuperado de: <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/1990/#Tabulados>
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2020). Censos Económicos 2019. Recuperado de: [https://www.inegi.org.mx/programas/ce/2019/#Datos\\_abiertos](https://www.inegi.org.mx/programas/ce/2019/#Datos_abiertos)
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2021a). Censo de Población y Vivienda 2020. Aguascalientes, México. Recuperado de: <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#Microdatos>
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2021b). Marco Geoestadístico. Censo de Población y Vivienda 2020. Aguascalientes, México. Recuperado de: <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=889463807469>
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2021c). Muestra del Censo de Población y Vivienda 2020. Cuestionario ampliado. Aguascalientes, México. Recuperado de: <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#Microdatos>
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2021d). Accidentes de tránsito terrestre en zonas urbanas y suburbanas. Recuperado de: [https://www.inegi.org.mx/programas/accidentes/#Datos\\_abiertos](https://www.inegi.org.mx/programas/accidentes/#Datos_abiertos)
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2022). Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Demarcaciones Territoriales de la Ciudad de México 2021. Aguascalientes, México. Recuperado de: <https://www.inegi.org.mx/programas/cngmd/2021/>
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2023). Finanzas Públicas Estatales y Municipales. Recuperado de: <https://www.inegi.org.mx/programas/finanzas/#Tabulados>
- Ministerio de Vivienda. (2010). *Libro Blanco de la Sostenibilidad en el Planeamiento Urbanístico Español*. Gobierno de España.
- MITECO (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico). (2021, 1 de diciembre). Cambio climático. <https://www.miteco.gob.es/es/cambioclimatico/temas/cumbre-cambio-climatico-cop21/resultados-cop-21-paris/default.aspx>
- NU (Naciones Unidas) y CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe). (2018). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe. Objetivos, metas e indicadores mundiales*. Recuperado de <https://www.cepal.org/es/publicaciones/40155-la-agenda2030-objetivos-desarrollo-sostenible-oportunidad-america-latina-caribe>
- NU (Naciones Unidas). (2017). *Nueva Agenda Urbana*. Recuperado de <https://onuhabitat.org.mx/index.php/la-nueva-agenda-urbana-en-espanol>
- ONU (Organización de las Naciones Unidas). (1987). *Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo "Nuestro Futuro Común"*. Recuperado de: [chrome-extension://efaidnbmnnni-bpcajpcglclefindmkaj/https://www.ecominga.uqam.ca/PDF/BIBLIOGRAPHIE/GUIDE\\_LECTURE\\_1/CMMAD-Informe-Comision-Brundtland-sobre-Medio-Ambiente-Desarrollo.pdf](chrome-extension://efaidnbmnnni-bpcajpcglclefindmkaj/https://www.ecominga.uqam.ca/PDF/BIBLIOGRAPHIE/GUIDE_LECTURE_1/CMMAD-Informe-Comision-Brundtland-sobre-Medio-Ambiente-Desarrollo.pdf)
- ONU-Hábitat. (2020). Urbanization and Cities: Trends of a New Global Force. En ONU-Hábitat (Eds.), *World Cities Report 2020. The Value of Sustainable Urbanization* (pp. 1-42). UN-Hábitat.
- Ortiz, P. y Quesada, J. (2022). Indicadores de sostenibilidad urbana para la ciudad de Cuenca-Ecuador: construcción sostenible de edificaciones. *Conciencia Digital*, 5(1.2), 105-125. <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v5i1.2.2088>
- Pérez, C., Lara, G. y Hernández, M. (2022). Concentración, diversidad y especialización del cooperativismo en México: aplicación de un Análisis Exploratorio de Datos Espaciales. *REVESCO. Revista de Estudios*

- Cooperativos*, 140, 1-23. <https://dx.doi.org/10.5209/rev.79941>
- Prieto-Sandoval, V., Jaca, C. y Ormazabal, M. (2017). Economía circular: Relación con la evolución del concepto de sostenibilidad y estrategias para su implementación. *Memoria Investigaciones en Ingeniería*, 15, 85-95.
- SEDESOL (Secretaría de Desarrollo Social), CONAPO (Consejo Nacional de Población) e INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2018). Delimitación de las zonas metropolitanas de México 2015. SEDESOL, CONAPO e INEGI.
- SESNP (Secretariado Ejecutivo del Sistema Nacional de Seguridad Pública). (2022). Incidencia delictiva del fuero común municipal 2015-2022. Recuperado de: <https://www.gob.mx/sesnsp/acciones-y-programas/incidencia-delictiva-del-fuero-comun-nueva-metodologia?state=published>
- Vázquez, I. (2016). *Descentralización urbana y concentración espacial de la economía. Nuevas estructuras territoriales en las regiones centro y centro occidente de México 2000-2010*, [Tesis de maestría, Universidad Autónoma del Estado de México].