

Recibido: Diciembre, 2021

Aceptado: Mayo, 2022

Indicadores de sustentabilidad aplicados a la Zona Metropolitana de Toluca

Sustainability indicators applied to the Metropolitan Area of Toluca

Rigoberto Torres Tovar¹

Juan Antonio Jiménez García²

Javier Romero Torres³

Resumen

La importancia de medir el desarrollo, y determinar los factores que lo condicionan, ha sido tema de interés en los últimos años, si bien el PIB ha sido el principal componente económico del desarrollo, se ha cuestionado su carácter de indicador del bienestar social porque su comportamiento a lo largo del tiempo sólo muestra variaciones porcentuales de un periodo de tiempo con respecto a otro, esto es, el crecimiento económico; en ese sentido solo se hace referencia a lo cuantitativo, y con respecto al término desarrollo, este debe involucrar factores cualitativos. Una de las críticas más señaladas a la medición del crecimiento como detonante del desarrollo económico, tiene que ver con la exclusión de externalidades derivadas de los procesos de producción y de las diversas actividades económicas que se han traducidos en la degradación del medio ambiente.

La investigación aquí propuesta, tiene que ver el análisis bajo el enfoque del desarrollo sustentable en el ámbito urbano, visión que incorpora aspectos cualitativos de manera integral con indicadores relacionados con aspectos sociales, económicos y ambientales. Apoyados de la elaboración de un Índice Integrado, se determina el grado de sustentabilidad de la Zona Metropolitana de Toluca

¹ Profesor-Investigador del Centro Universitario UAEM Nezahualcóyotl, correo: rtorres@uaemex.mx

² Profesor-Investigador del Centro Universitario UAEM Nezahualcóyotl, correo: jromero@uaemex.mx

³ Profesor-Investigador del Centro Universitario UAEM Nezahualcóyotl, correo: jajimenezg@uaemex.mx

Palabras clave: índice integrado, indicador, sustentabilidad urbana, desarrollo sustentable

Clasificación JEL: C43, C43, Q56, Q01.

Abstract

The importance of measuring development, and determining the factors that condition it, has been a topic of interest in recent years. Although GDP has been the main economic component of development, its character as an indicator of social well-being has been questioned because its behavior over time only shows percentage variations from one period to another, that is, economic growth; In this sense, only reference is made to the quantitative, and with respect to the term development, it must involve qualitative factors. One of the most pointed criticisms of measuring growth as a trigger for economic development has to do with the exclusion of externalities derived from production processes and various economic activities that have resulted in environmental degradation.

The research proposed here must do precisely with an analysis under the sustainable development approach, a vision that incorporates qualitative aspects in an integral way with indicators related to social, economic and environmental aspects. Supported by the development of an Integrated Index, the degree of sustainability of the Metropolitan Area of Toluca is determined.

Keyword: integrated index, indicator, urban sustainability, sustainable development.

JEL Classification: : C43, C43, Q56, Q01.

Introducción

A pesar de que en los últimos años se ha realizado un gran esfuerzo por incorporar los indicadores ambientales y urbanos dentro de la planeación pública, a menudo su aplicación en las zonas metropolitanas a escala de región es escasa, lo cual no permite visualizar los procesos al interior. Por ello resulta primordial conocer de primera mano el estado actual de una región, contando con instrumentos y metodologías adecuadas para abordar las diversas variables

y conocer su evolución para optimizar la toma decisiones, de aquí surge la importancia de los Sistemas de Indicadores y su papel desde una visión en el ámbito local.

Los indicadores forman parte de las herramientas que pueden posibilitar una mejor planeación y gestión de los recursos en el ámbito regional, con la participación de los agentes públicos, privados y sociedad en general. Aún con sus cuestionamientos, diversas experiencias internacionales han dado muestra de buenos resultados al momento de establecer objetivos, considerando la elaboración de indicadores, debido a la escasez de información con que se cuenta en la mayoría de los países, estos logros importantes han partido de los esquemas apegados a los criterios de sustentabilidad, sobre todo a las recomendaciones sugeridas por instituciones de índole internacional, que ha quedado plasmadas en acuerdos suscritor por diversos países, como es el caso de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sustentable.

La noción de desarrollo sustentable, está ligada a la llamada economía ecológica, en ocasiones llamada concepción fuerte del desarrollo sustentable o sustentabilidad fuerte (Constanza y Daly, 2005); por lo tanto, el primer planteamiento esencial nos introduce en el discurso crítico sobre el desarrollo radica en que la justificación para recurrir a un nuevo término procede de la advertencia de sobre una situación de insustentabilidad que ha sido generada por el actual modelo dominante de desarrollo económico. De ahí que el análisis de la insustentabilidad actual de las sociedades humanas en su comportamiento económico representa, a partir de la acepción, la necesidad de modificar el modelo actual imperante; lo que implica, por lo tanto, promover y aplicar los sistemas más eficaces de conocimiento de la realidad para evaluar el estado, las causas y las consecuencias de dicha insustentabilidad.

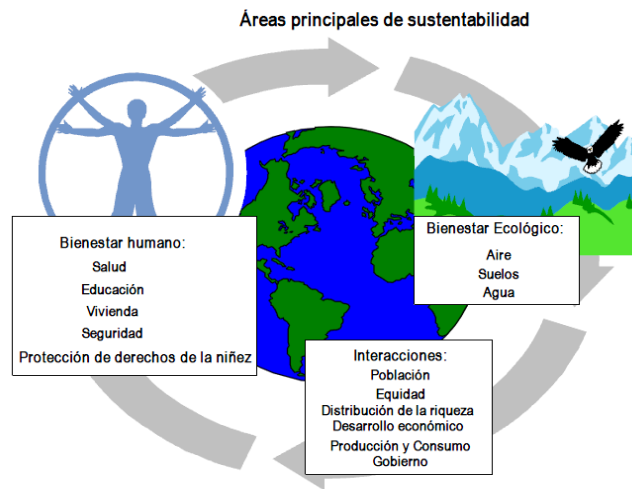
La propuesta inicial por hacer un lado el significado retórico del desarrollo sustentable apostó por dotarlo de criterios prácticos y operativos; el pionero de este planteamiento fue el que aportó Daly (1987), denominando criterios operativos del desarrollo sustentable, los cuales implicaban reglas prácticas muy básicas pero contundentes en sus resultados a la hora de aplicarlas a los modos de acción de la economía actual. La concepción y aplicación de ello entremezcla aspectos derivados de la ecología con otros de carácter económico, de forma que exigen una integración de metodologías, enfoques y objetivos entre economistas ecólogos preocupados por los temas de sustentabilidad.

En ese sentido, el evitar el extremo de la insustentabilidad, es trascendental enfrentar la cuestión de la distribución equitativa mínima (que asegure una vida y un bienestar humano dignos a todos los habitantes del planeta o una región en específico) mediante instrumentos de corrección de los mercados y de justicia social pertinente (acuerdos internacionales, políticas sociales y ambientales de cooperación, entre otras medidas).

Por otra parte, Foladori (2006) también hacen énfasis en señalar aspectos no solo ambientales dentro de la sustentabilidad como factores de equilibrio en los sistemas, al respecto establecen que la sustentabilidad ecológica tiene parámetros claros y no despierta mayor polémica, el parámetro es la naturaleza prístina. Cuanto más lejos de ella, más insustentable; cuanto más cerca, más sustentable. La sustentabilidad económica tampoco plantea mayores controversias ya que, bajo el régimen de producción capitalista, el mercado se encarga de expurgar aquellos agentes que no son competitivos, de manera que la eficiencia que es la base de esta sustentabilidad económica es una consecuencia tendencial del sistema de producción.

Aunado a lo anterior, Foladori (2007) establece la paradoja de la sustentabilidad ecológica y la social, señala que el marco capitalista del desarrollo sustentable garantiza la insustentabilidad social, no importando cuales sean los avances en la sustentabilidad ecológica: mientras las tecnologías verdes o limpias se incorporan a la dinámica de producción capitalista, y con mayor presencia en los países más desarrollados avanza la pobreza y la explotación. Es decir, a cada avance en la sustentabilidad ecológica, hay un retroceso en la sustentabilidad social; y no por causa de la aplicación de técnicas verdes, sino independientemente de ellas y por efectos de la acumulación de capital

En cuanto a las dimensiones establecidas para abordar la sustentabilidad, destaca el esquema de los tres pilares del desarrollo sustentable propuesto por Munasinghe (1993), que distingue entre sustentabilidad medioambiental, económica y social (ver imagen 1). La primera de ellas se refiere a la conservación de los sistemas soporte de la vida (tanto fuentes de recursos, como destino o depósito de residuos); la sustentabilidad económica se refiere al mantenimiento del capital económico; la acepción social es definida como el desarrollo del capital social.



Fuente: Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y Desarrollo (1987)

A continuación, se presenta el desarrollo de la investigación en tres apartados: el primero, trata de la caracterización de aspectos demográficos y de la delimitación de la Zona Metropolitana de Toluca; el segundo, tiene que ver con la metodología de construcción e integración de un índice de sustentabilidad; finalmente, para el tercer apartado, se hace el estudio empírico a partir de los indicadores simples y su interpretación.

1. La Zona Metropolitana de Toluca

La definición de una zona metropolitana esta referida a los criterios establecidos en el documento denominado Delimitación de las Zonas Metropolitanas de México 2010 (publicado en 2012), el cual fue elaborado de manera conjunta por la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), Consejo Nacional de Población (CONAPO) y el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI); destacando entre otros criterios: número de habitantes, ocupación en actividades secundarias y terciarias, conurbación intermunicipal, características urbanas, continuidad, integración funcional con municipios centrales, aspectos geográficos, etc. Cabe aclarar que en el año 2018 se publicó una delimitación más reciente que data de la delimitación y sus criterios de 2015, en la cual se agregó el municipio de Tenango del Valle.

La información contemplada para la siguiente propuesta de medición del grado de sostenibilidad contempla datos del año 2010, destacando las principales

fuentes de información el Censo de Población y Vivienda del año 2010 (INEGI) y de la Estadística Básica Municipal 2010 y 2011 (Instituto de Información e Investigación Geográfica, Estadística y Catastral del Estado de México IGECEM)

Los municipios que integran la Zona Metropolitana de Toluca de acuerdo con la delimitación de 2010 son los siguientes: Almoloya de Juárez, Calimaya, Chapultepec, Lerma, Metepec, Mexicaltzingo, Ocoyoacac, Otzolotepec, Rayón, San Antonio la Isla, San Mateo Atenco, Temoaya, Toluca, Xonacatlán, Zinacantepec (15 en total).

De acuerdo con Censo de Población y Vivienda del 2010, la ZMT tiene 1,936,126 habitantes en una extensión aproximada de 2 mil 203.2 km²; una tasa de crecimiento media anual de 2.2 % en el periodo 2000 al 2010 con una densidad media urbana de 64.8 habitantes por hectárea (CONAPO-INEGI). De acuerdo con el último Censo de Población de 2020, la Zona Metropolitana de Toluca tiene un total 2,353,924 habitantes (de acuerdo con la delimitación de zonas metropolitanas del año 2015), la tasa de crecimiento media anual es menor para el periodo 2010-2020 con 1.6%, la densidad media urbana también es menor, 64.4 habitantes por hectárea.

2. Metodología

La medición del grado de sustentabilidad para la ZMT tiene punto de partida la propuesta de un indicador integrado de sustentabilidad, el cual está basado en el Método de Ponderación Múltiple (considerando las dimensiones sociales, económicos y ambientales) como lo propone Leva (2005). Este método implica la asignación de pesos (ponderaciones) a cada uno de los indicadores simples considerando una jerarquización de estos, que idealmente reflejen relevancia social respecto a la sustentabilidad.

2.1 Construcción Ponderada Múltiple de un Índice

La descripción de esta técnica está basada en la propuesta de Leva (2005), la cual fue empleada para obtener un índice integrado (multidimensional) de calidad de vida urbana en Argentina. Este modelo implica la incorporación de las ponderaciones de cada uno de los indicadores de manera individual, así como

de la ponderación de cada una de las dimensiones. De ahí que los valores de cada una de ellas estarán determinados por la suma ponderada de los indicadores que la integren, en tanto que el Indicador Integrado de Sustentabilidad (IIS) tomará valor en función de la suma ponderada de las dimensiones que lo definen (Castillo, 2009), ecuación 1:

$$IIS = ID_1 * PD_1 + ID_2 * PD_2 + ID_3 * PD_3 + ID_4 * PD_4; \quad \forall PD_i \neq 0 \text{ (ec. 1)}$$

Donde:

IIS: indicador integrado sustentabilidad

Idi: indicador en la dimensión i

Pdi: ponderación asignada a la dimensión i en el cálculo del IIS

Se debe considerar que:

$$\sum_{i=1}^4 PD_i = PD_1 + PD_2 + PD_3 + PD_4 = 1 \text{ (ec. 2)}$$

Para obtener el indicador de sustentabilidad por dimensión se ponderan los indicadores simples en cada una de las dimensiones:

$$ID_i = \sum_{j=1}^4 I_{ij} * P_{ij} = I_{i,1} * P_{i,1} + I_{i,2} * P_{i,2} + I_{i,3} * P_{i,3} + I_{i,4} * P_{i,4}; + I_{i,ni} * P_{i,ni}; \quad \forall P_{ij} \neq 0 \text{ (ec. 3)}$$

Donde:

ID_i : indicador de calidad de vida urbana en la dimensión i

I_{ij} : indicador simple j considerado en la construcción del indicador de calidad de vida urbana en la dimensión i .

$P_{i,j}$: ponderación asignada al indicador simple j en el cálculo del indicador de sustentabilidad en la dimensión i .

Se debe considerar que:

$$P_{i,j} = IP_{i,1} + P_{i,2} + \dots + P_{i,n} = 1 \text{ (ecuación 4)}$$

Ahora bien, las expresiones matemáticas que se utilizan para normalizar los indicadores con la finalidad de poder compararlos son que, los indicadores positivos consideran a mayor valor hay una mejor situación, los indicadores negativos afirman que, a mayor valor, se manifiesta una peor situación

$$\text{Indicadores positivos: } Ix (+) = \frac{X - MINx}{MAXx - MINx} \text{ (ec. 5)}$$

(Mayor valor del indicador, mejor situación)

$$\text{Indicadores negativos: } Ix(-) = \frac{MAXx - X}{MAXx - MINx} \quad (\text{ec. 6})$$

(Mayor valor del indicador, peor situación)

Para ambas expresiones:

$Ix(+)$: indicadores positivos

$Ix(-)$: indicadores negativos

$Indx$ representa cualquier indicador que se ha seleccionado

$MINx$ es el mínimo posible que puede alcanzar el indicador

$MAXx$ es el máximo posible que puede alcanzar el indicador

A continuación, se describe el proceso de la elaboración del Índice Integrado de Sustentabilidad para el caso de estudio de la Zona Metropolitana de Toluca:

2.1 Estandarización (normalización) de la información

La implementación de la primera fase del método es la estandarización de los valores que fueron recogidos de manera directa de las fuentes de información a través de la técnica conocida como “puntos de correspondencia” descritos anteriormente (ecuaciones 1 y 2), esto con la finalidad de homogenizar las unidades de medida para que puedan efectuarse los cálculos de integración. El puntaje obtenido (z) de cada rubro dentro de cada dimensión, se clasifica de acuerdo con la escala ordinal como se puede observar en el cuadro 1. Con la normalización se pretende que un conjunto de variables cuantificadas a través de diferentes unidades de medida sea transformado en un conjunto de nuevas variables medidas en una unidad común (cambio de magnitud a escala fijo), considerando un intervalo $[0,100]$, para una escala ordinal de 0 a 100.

La normalización es de suma importancia debido a que es requisito antes de realizar cualquier operación de agregación, dado que los indicadores a integrar regularmente se dan en diferentes unidades de medida, esto con la intención de compararlos apropiadamente y efectuar las operaciones aritméticas entre ellos, por lo tanto deben estar expresados en una unidad homogénea; en resumen, la normalización permite evitar los efectos de escala, posibilitando la correcta agregación de los indicadores de base considerados.

Para llevar a cabo la normalización existen diferentes técnicas para emplear, cada una de ellas presenta sus propias ventajas e inconvenientes (Freudenberg, 2003), de acuerdo con Ebert y Welsh (2004), la elección entre una y otra no resulta trivial. Entre las diversas técnicas de normalización de indicadores empleadas en la construcción de índices, la más utilizada es la llamada *min-max*. Esta técnica es la alternativa que suele ser sencilla, dado que se basa en la utilización de los valores mínimo (X_{min}) y máximo (X_{max}) observados en la muestra considerada para normalizar linealmente los valores de todos los elementos de esta, de tal manera que los valores mínimos y máximos tomen valores normalizados de 0 a 1, respectivamente, y todos los demás elementos adopten valores relativos que varían en el intervalo $[0,1]$. Con esta transformación los indicadores normalizados se vuelven adimensionales, el 0 representa el peor valor posible del indicador (el menos sustentable), en tanto que el 1 supone el mejor valor del indicador (el más sustentable); valores próximos a 0 indicarían que se está lejos del objetivo de sustentabilidad, por el contrario, valores cercanos a 1 reflejarían que se está próximo a la consecución de la sustentabilidad.

Dado que la información directamente recolectada de los indicadores simples muestra valores heterogéneos, situación que imposibilita la integración; el primer paso de la estandarización de información es homogenizar las unidades para que puedan hacerse los cálculos respectivos; en este caso se utiliza el método de los “puntos de correspondencia” (Drewnowski, 1970).

Es importante determinar la dirección positiva o negativa de cada indicador simple respecto a su naturaleza; a manera de ejemplo se puede señalar que el valor de la tasa bruta de mortalidad es negativo, dado que entre más alto es el indicador, peor es la situación de sustentabilidad; caso contrario, el porcentaje de viviendas con disponibilidad de agua es positivo, es decir, mayor valor, mejor la situación del nivel de sustentabilidad (ver ecuaciones 5 y 6).

Este proceso se aplica para cada uno los indicadores simples que integran las dimensiones, con esta transformación se obtienen valores que pueden sumarse directamente o promediarse según sea necesario y expresar un nivel de comportamiento.

Los valores generados en esta etapa comprenden el rango de 0 a 100 puntos, teniendo en cuenta que entre más alto sea el valor, mejor es la situación de

sustentabilidad, aclarando que los indicadores tanto de dirección negativa como positiva ya fue normalizada.

Ahora bien, conviene establecer una serie de parámetros cualitativos para identificar niveles de sustentabilidad, para fines prácticos y de acuerdo con evidencias empíricas reportadas en Argentina (Leva, 2005) y Chile (Orellana, 2011) se sugiere contemplar intervalos y su escala ordinal como se muestra en el cuadro 1:

Cuadro 1. Escala ordinal de los Indicadores de Sustentabilidad

Intervalo	Clave	Descripción
80-100	MB	Muy buena
60-80	B	Buena
40-60	R	Regular
20-40	M	Mala
0-20	MM	Muy Mala

Fuente: Leva (2005)

El primer intervalo definido con una escala de “muy buena”, implicaría los niveles óptimos de sustentabilidad, lo deseable para la zona metropolitana, sus características estarían definidas por mejores condiciones de vida, con acceso a servicios de buena calidad en un entorno ambiental saludable.

En la escala de “buena”, el grado de sustentabilidad se ubicaría en una situación todavía deseable, sin embargo, lo importante es identificar que tanto se aleja del nivel óptimo, para ello sería conveniente adentrarse a los indicadores e identificar cuales presentan signos de debilidad.

Al situarse en la escala denominada como “regular” se estaría en una posición de alarma, debido que la mayoría de los indicadores importantes estarían presentando síntomas de debilidad para la sustentabilidad. Para ello los agentes decisores de política pública tendrían que realizar un gran esfuerzo a través de ciertas estrategias enfocadas a revertir dicha situación, como lo es la inversión pública focalizando los elementos indispensables las condiciones de los habitantes en la zona metropolitana.

En las dos últimas escalas de “mala” y “muy mala”, lógicamente hay una situación indeseable, lo cual estaría caracterizado por aspectos de escasa o de nula oferta de servicios públicos, además de la inseguridad y de población

desocupada con insuficiente infraestructura urbana y en medio ambiente en completo deterioro.

La determinación de la escala ordinal en primera instancia se evalúa para cada indicador simple, luego por dimensión y finalmente para el indicador integrado.

2.3 Ponderación de indicadores simples estandarizados

La ponderación o asignación de pesos permite introducir en el análisis la importancia relativa de los distintos indicadores considerados el objeto de construir el indicador sintético; esta fase es necesaria para la aplicación de la agregación, de hecho, en casos en los que aparentemente no se atribuyen pesos a los indicadores de forma explícita, la ponderación se realiza de forma implícita, asumiendo por defecto el mismo peso para todos los indicadores de base (Freudenberg, 2003).

Con todo ello, no existe un único método de ponderación consensuado o aceptado de forma amplia por la comunidad científica, existiendo diversas alternativas de técnicas válidas para ello. Ante esta falta de consenso en el procedimiento a utilizar para la asignación de pesos a los indicadores de sustentabilidad se han señalado críticas de autores como Bohringer (2007), quienes argumentan que la selección arbitraria de los métodos empleados y la generación de resultados sesgados de los indicadores sintéticos finalmente obtenidos son debilidades relevantes de todos los ejercicios de construcción de indicadores sintéticos. De acuerdo con el manual de la OCDE y el JRC (2008), existe una clasificación respecto al uso de las técnicas de ponderación en la construcción del índice: positivas y normativas.

Las técnicas positivas conocidas como “estadísticas o endógenas”, son aquellas que permiten la obtención de pesos mediante procesos estadísticos, sin que sea necesaria la incorporación de juicios de valor u opiniones de expertos o en su caso de encargados de las decisiones políticas dentro del análisis; entre estas técnicas se pueden señalar el análisis de regresión, el análisis envolvente de datos, el análisis factorial y el análisis de componentes principales.

Las técnicas normativas denominadas “participativas o exógenas” permiten asignar pesos diferenciados a los indicadores en función de las preferencias expresadas por expertos, decisores de políticas o el conjunto de la sociedad. Al

igual que en las positivas, existen diversos métodos para identificar dichas preferencias exógenas y así a partir de las mismas obtener los pesos a asignar a cada uno de los indicadores considerados; entre los métodos se puede mencionar el de multicriterio, el proceso analítico jerárquico, la asignación directa de puntos, entre otros.

Ante la disyuntiva de la elección de la ponderación positiva o normativa, Jacobs (2004) recomienda que dicha selección se realice considerando los objetivos perseguidos por el indicador sintético a construir. En ese sentido, la presente investigación considera la ponderación de tipo normativo, dado que su uso permite identificar la importancia relativa de los indicadores de base a integrar dentro de los índices de sustentabilidad, lo cual justifica el hecho de que la sustentabilidad debe entenderse como una construcción social cuya conceptualización y operatividad debe basarse en las demandas de la sociedad en términos de la sustentabilidad. Cabe recalcar que el uso de los métodos normativos no está exento de las críticas debido a la introducción de cierto grado de arbitrariedad y subjetividad en la ponderación de los diferentes indicadores en función de cómo se realice la elección de los expertos, de los encargados de la conducción de políticas o la sociedad en general.

La sumatoria de los indicadores con su respectiva ponderación nos arrojaría el índice de cada dimensión, la expresión matemática de esta etapa se muestra en la ecuación 7:

$$D_x = \sum_{i=1}^n ind_{x,i} = \sum_{ind_{x,1}}^{ind_{x,n}} ind_{x,1} + ind_{x,2} + \dots + ind_{x,n} \quad (ec. 7)$$

El puntaje que arroje para cada una de las dimensiones se clasifica de acuerdo con la tabla de escala ordinal.

2.4 Integración del Índice de sustentabilidad

En esta etapa, se asigna una ponderación a cada indicador previamente estandarizado, se puede interpretar como el valor máximo que puede cada uno de ellos aportar al valor a cada una de las dimensiones, para efectuar tal ponderación se debe contemplar la siguiente restricción: el valor asignado para cada indicador debe estar entre 0 y 1, así mismo, la suma de las ponderaciones en cada dimensión debe ser igual a uno.

Una vez que se tiene el puntaje de cada dimensión, se le asigna también un peso ponderado, en este caso, se asigna un valor igual para cada una de ellas, lo cual atiende el principio importante de la sustentabilidad, las dimensiones tienen la misma importancia (recordar la misma restricción anterior, la suma de las ponderaciones también debe ser igual a 1). La expresión resultante se muestra a continuación (recordar ecuación 1):

$$IIS = ID_1 * PD_1 + ID_2 * PD_2 + ID_3 * PD_3 + ID_4 * PD_4 ;$$

Donde:

IS: indicador integrado de sustentabilidad

ID_i : indicador en la dimensión i

PD_i: ponderación asignada a la dimensión i en el cálculo del índice integrado de sustentabilidad

En esta última etapa también se evalúa el puntaje de acuerdo a la escala ordinal establecida para determinar la situación de la sustentabilidad para la ZMT y se elabora un análisis de interpretación.

3. Caso de estudio para la Zona Metropolitana de Toluca

Como se menciona anteriormente, la metodología se aplica a cada una de las tres dimensiones y al final de manera integrada. A continuación, se muestra el caso de estudio con los indicadores seleccionados.

3.1 Estandarización de la información

El primer paso es la normalización mediante el proceso de estandarización para cada uno de los indicadores simples dentro de cada dimensión.

3.1.1 Estandarización de la dimensión social

El puntaje obtenido de la estandarización (z) de cada rubro se clasifica de acuerdo con la escala ordinal como se ve en el cuadro 2. De acuerdo con los resultados destacan las viviendas con disponibilidad de luz y población analfabeta con valoraciones muy importantes (valor ordinal MB para ambos

casos), caso contrario es el porcentaje de la inversión en educación con un puntaje muy inferior (escala muy mala), por otra parte, también sobresalen indicadores por su mala valoración la inversión en salud, viviendas con internet, entro otros.

Cuadro 2. Estandarización de indicadores simples a escala ordinal de la dimensión social

INDICADOR SIMPLE DE DIMENSIÓN SOCIAL	valor	Min	Max	Valor estandarizado (z)	valor ordinal
Crecimiento porcentual población	2.2	0.9	7.7	80.9	MB
% porcentaje de viviendas con disponibilidad de agua	87.2	0	100	87.2	MB
% porcentaje de viviendas con disponibilidad de luz	97.0	0	100	97.0	MB
% porcentaje de viviendas con telefonía fija	39.3	0	100	39.3	MB
% porcentaje de viviendas con computadora	31.4	0	100	31.4	M
% porcentaje de viviendas con internet	21.8	0	100	21.8	M
% porcentaje de viviendas con celular	64.1	0	100	64.1	B
Promedio de ocupantes por vivienda	4.4	3.9	4.7	37.5	M
Promedio de escolaridad	8.9	6.7	11.4	46.8	R
% población analfabeta de 15 años y más	3.4	0	100	96.6	MB
Habitantes por biblioteca	18439.0	4838	39073	60.3	R
Relación hombre-mujer	94.8	92.8	99.9	28.2	M
Índice de envejecimiento	21.4	14.2	32.3	60.2	B
% de población derechohabiente	65.0	0	100	65.0	B
Tasa bruta de natalidad	21.2	15.1	27.1	50.8	R
Tasa bruta de mortalidad	3.0	1.7	6.1	70.5	B
Tasa de mortalidad infantil	10.6	2.6	34.7	75.1	B
Habitantes por unidad médica	7251.0	3750	10368	47.1	R
Habitantes por personal médico	543.0	315	3618	93.1	B
Alumnos por escuela	198.0	115	309	57.2	R
alumnos maestro	22.0	15	26	36.4	M
Maestros por escuela	9.0	4	14	50.0	R
Homicidio por cada 10000 habitantes	2.0	0	5	60.0	R
Robos por habitante por cada 10000 habitantes	68.0	12	122	49.1	R
Delitos sexuales por habitante por cada 10000	3.0	0	5	40.0	M
Accidentes de tránsito por cada 10000 habitantes	27.0	5	143	84.1	MB
Participación ciudadana (votaciones municipales)	68.9	0	100	68.9	R
% de inversión pública en salud	20.5	0	100	20.5	M
% de inversión pública en educación	9.5	0	100	9.5	MM

Fuente: elaboración propia a partir de cifras de INEGI e IGECEM (2010)

3.1.2 Estandarización de la dimensión ambiental

En el cuadro 3 se observa los valores estandarizados de los indicadores simples de la dimensión ambiental, así como el valor ordinal. El rubro que menor puntaje es el de reforestación de superficie, 2.3 (muy mala), situación que refleja una alarma importante para zona metropolitana aquí abordada; esto queda corroborado con la escasa inversión en que se tiene medio ambiente, agua y obra por parte del sector público, 2.3 y 8.2 puntos respectivamente (muy mala). En el caso de indicadores con valoración muy buena, se tiene al porcentaje de la superficie urbana, que, si bien puede ser un dato de múltiples interpretaciones, dado que no existe un parámetro para determinar hasta qué nivel es óptimo, es decir, hasta donde se puede considerar como moderado o de poco impacto este rubro para el medio ambiente.

Cuadro 3. Estandarización de indicadores simples a escala ordinal de la dimensión ambiental

INDICADOR SIMPLE DE DIMENSIÓN AMBIENTAL	valor	Min	Max	Valor estandarizado (z)	valor ordinal
Densidad Media Urbana	64.8	28	81	30.6	M
% población urbana	52.7	0	100	52.7	R
% de superficie forestal	28.7	0	100	28.7	M
% de superficie reforestada	0.3	0	100	0.3	MM
% de superficie urbana	0.2	0	100	99.8	MB
% de inversión en medio ambiente	2.3	0	100	2.3	MM
% de inversión en agua y obra pública	8.2	0	100	8.2	MM
Densidad de carreteras	32.2	11.9	71.3	65.8	B
Demanda de agua LPS	337	19	2572	87.5	MB
Volumen de basura recolectada por habitante kilos	280	70	341	77.5	B
Dotación de agua litros por habitante LPS	216	145	334	37.6	MM
Contaminación IMECA (PM10)	113.2	46	174	47.5	R
% de superficie de cultivo	50.6	0	100	49.4	R
% de viviendas con drenaje	91.6	0	100	91.6	MB
Automóviles por habitante	227	76	386	51.3	R
Consumo energía per cápita Mw/HRA/HABIT	0.8	0.1	4.1	82.5	MB

Fuente: elaboración propia a partir de cifras de INEGI e IGECEM (2010)

3.1.3 Estandarización de la dimensión económica

Ahora con respecto a la dimensión económica, se observa que el valor arrojado para la población ocupada es muy importante, esto lleva a corroborar que la zona es muy importante en cuanto a las diversas actividades económicas se tienen en la región (95.3 puntos), sin embargo, esto tiene que contrastarse con el nivel de las remuneraciones; respecto a la deuda pública *per cápita* de acuerdo a estos datos, es muy bien evaluada (92.4), lo que indica que no es tan significativa o que represente alarma alguna para las finanzas públicas, sin embargo, habría que relacionarlo con los plazos que implican para su pago, debido a que varias instancias municipales han emprendido estrategias de reestructuración de deuda que generalmente se resumen a plazos más largos; el Índice de Desarrollo Humano también es valorado como muy bueno, recordando que refleja tres parámetros, vida perdurable y sana, educación y nivel de vida digno. En el otro lado de la valoración, se tiene al PIB *per cápita*, con un puntaje del 8.4 y la inversión pública *per cápita* con apenas un 1.6, que si se observa en conjunto estos rubros últimos es posible intuir que si bien se genera una importante riqueza, ésta no es repartida de manera eficiente ni equitativa (ver cuadro 4).

Cuadro 4. Estandarización de indicadores simples a escala ordinal de la dimensión económica

INDICADOR SIMPLE DE DIMENSIÓN ECONÓMICA	x	Min	Max	Valor estandarizado	valor ordinal
% de población Economicamente Activa (PEA)	39.7	0	100	39.7	M
% de población Ocupada de la PEA	95.3	0	100	95.3	MB
PIB per cápita	95086	6216	1070199	8.4	MM
Deuda pública per cápita	191	5	2468	92.4	MB
Inversión pública per cápita	1462	822	41265	1.6	MM
Abasto y comercio por cada 10000 habitantes	8.6	0.6	20.7	39.8	M
Incremento de precios (inflación)	4.4	2	5.3	27.3	M
Razón de dependencia económica	55.8	0	100	44.2	R
Índice de Desarrollo Humano	0.8051	0	1	80.5	MB

Fuente: elaboración propia a partir de cifras de INEGI e IGECEM (2010)

3.2 Ponderación

A partir de estos resultados derivados de la estandarización es posible obtener los indicadores de sustentabilidad por dimensión, asignando peso relativo a cada indicador, considerando que las ponderaciones (p) en suma por cada una de las dimensiones debe arrojar como resultado uno. En esta etapa se multiplican los valores estandarizados (denominados por z) por su ponderación asignada (p) y se suman por dimensión, es necesario determinar el valor cualitativo (escala) como se observa en los cuadros 5, 6 y 7.

Con respecto a la justificación de asignar ciertos valores de ponderación a los indicadores radica en una serie de argumentos subjetivos y de percepción de investigador sobre las características de la zona de estudio, sobre todo tienen que ver con la jerarquización y orden de importancia que puede implicar para la sustentabilidad.

Ponderación para la dimensión Social

En el caso de la dimensión social, se priorizaron con mayor peso (0.05) a indicadores que tienen que ver con la vivienda y su entorno inmediato que repercuten de manera inmediata al individuo, estos son: disponibilidad de agua, derechohabientes, unidades médicas y personal médico, inversión en salud y robos; caso contrario, fue la ponderación a las viviendas con celular (0.02), debido a que no es un factor indispensable para las condiciones de vida una persona; el resto de los indicadores quedaron en un sector intermedio (0.03). En el cuadro 5 se puede observar cada una de las ponderaciones de los indicadores de la dimensión social y su escala de acuerdo con el resultado:

Cuadro 5. Indicadores ponderados de la dimensión social

INDICADORES DIMENSIÓN SOCIAL	Ponderación (p)	z	p*z	valor cualitativo
Crecimiento porcentual población	0.03	80.9	2.4	
% porcentaje de viviendas con disponibilidad de agua	0.05	87.2	4.4	
% porcentaje de viviendas con disponibilidad de luz	0.03	97.0	2.9	
% porcentaje de viviendas con telefonía fija	0.03	39.3	1.2	
% porcentaje de viviendas con computadora	0.03	31.4	0.9	
% porcentaje de viviendas con internet	0.03	21.8	0.7	
% porcentaje de viviendas con celular	0.02	64.1	1.3	
Promedio de ocupantes por vivienda	0.05	37.5	1.9	
Promedio de escolaridad	0.03	46.8	1.4	
% población analfabeta de 15 años y más	0.03	96.6	2.9	
Habitantes por biblioteca	0.03	60.3	1.8	
Relación hombre-mujer	0.03	28.2	0.8	
Índice de envejecimiento	0.03	60.2	1.8	
% de población derechohabiente	0.05	65.0	3.3	
Tasa bruta de natalidad	0.03	50.8	1.5	
Tasa bruta de mortalidad	0.03	70.5	2.1	
Tasa de mortalidad infantil	0.03	75.1	2.3	
Habitantes por unidad médica	0.05	47.1	2.4	
Habitantes por personal médico	0.05	93.1	4.7	
Alumnos por escuela	0.03	57.2	1.7	
alumnos maestro	0.03	36.4	1.1	
Maestros por escuela	0.03	50.0	1.5	
Homicidio por cada 10000 habitantes	0.03	60.0	1.8	
Robos por habitante por cada 10000 habitantes	0.05	49.1	2.5	
Delitos sexuales por habitante por cada 10000	0.03	40.0	1.2	
Accidentes de tránsito por cada 10000 habitantes	0.03	84.1	2.5	
Participación ciudadana (votaciones municipales)	0.03	68.9	2.1	
% de inversión pública en salud	0.05	20.5	1.0	
% de inversión pública en educación	0.03	9.5	0.3	
Suma	1.00		56.2	R

Fuente: elaboración propia a partir de cifras de INEGI e IGECEM (2010)

En la dimensión social el resultado de 56.2 equivale a “regular”, sin embargo, es importante destacar que algunos rubros están calificados como “muy buenos” sobre todo en servicios de luz, y agua situación que fue contrarrestada por importantes factores evaluados como “malos”, tal es el caso de internet, computadoras y los factores de inseguridad, así como de inversión en educación (muy mala).

Ponderación para la dimensión ambiental

Para la dimensión ambiental, los indicadores con mayor importancia (peso de 0.07) son los que se manifiestan de manera negativa o mejor dicho ejercen presión sobre el medio ambiente, tal es el caso de población urbana, superficie forestal, consumo de agua, generación de basura, consumo de energía, automóviles en circulación, contaminación, entre otros; mientras que los de menor ponderación (hay que recalcar que no significa que no sean significantes para el medio ambiente) se ubica la reforestación, inversión en obra pública y agua, superficie de cultivo, etcétera; al final de cuadro 6 se observa el resultado de escala.

Cuadro 6. Indicadores ponderados de la dimensión ambiental

INDICADORES DIMENSIÓN AMBIENTAL	Ponderación (p)	z	p*z	valor cualitativo
Densidad Media Urbana	0.05	30.6	1.5	
% población urbana	0.07	52.7	3.7	
% de superficie forestal	0.07	28.7	2.0	
% de superficie reforestada	0.05	0.3	0.0	
% de superficie urbana	0.05	99.8	5.0	
% de inversión en medio ambiente	0.07	2.3	0.2	
% de inversión en agua y obra pública	0.05	8.2	0.4	
Densidad de carreteras	0.07	65.8	4.6	
Demanda de agua LPS	0.07	87.5	6.1	
Volumen de basura recolectada por habitante kilos	0.07	77.5	5.4	
Dotación de agua litros por habitante LPS	0.05	37.6	1.9	
Contaminación IMECA (PM10)	0.07	47.5	3.3	
% de superficie de cultivo	0.07	49.4	3.5	
% de viviendas con drenaje	0.05	91.6	4.6	
Automóviles por habitante	0.07	51.3	3.6	
Consumo energía per cápita Mw/HRA/HABIT	0.07	82.5	5.8	
Suma	1.00		51.6	R

Fuente: elaboración propia a partir de cifras de INEGI e IGCEM (2010)

En la ambiental, la suma fue de 51.6, lo cual indica una situación “regular”, donde destacan los rubros: demanda de agua, consumo de energía, vivienda con drenaje y densidad de carreteras; caso contrario ocurrió con superficie reforestada, dotación de agua, inversión en medio ambiente y agua.

3.2.3 Ponderación para la dimensión económica

En el ámbito económico es posible observar que la ponderación fue muy similar para todos los indicadores, sin embargo, es importante mencionar que la deuda y la inversión pública tienen una asignación ligeramente superior que el resto de los indicadores; la escala cualitativa de la dimensión aparece en el cuadro 7.

Cuadro 7. Indicadores ponderados de la dimensión económica

INDICADORES DIMENSIÓN ECONÓMICA	Ponderación (p)	z	p*z	valor cualitativo
% de población Economicamente Activa (PEA)	0.10	39.7	3.97	
% de población Ocupada de la PEA	0.10	95.3	9.53	
PIB per cápita	0.10	8.4	0.84	
Deuda pública per cápita	0.15	92.4	13.87	
Inversión pública per cápita	0.15	1.6	0.24	
Abasto y comercio por cada 10000 habitantes	0.10	39.8	3.98	
Incremento de precios (inflación)	0.10	27.3	2.73	
Razón de dependencia económica	0.10	44.2	4.42	
Índice de Desarrollo Humano	0.10	80.5	8.05	
Suma	1.00		47.62	R

Fuente: elaboración propia a partir de cifras de INEGI e IGCEM (2010)

Para la dimensión económica, el valor fue de 42.62 “regular”, sobresalen los factores del porcentaje de PEA ocupada, la deuda pública *per cápita* y el Índice de Desarrollo Humano con “muy buena”, por otra parte, la inversión *per cápita* fue “muy mala”.

3.3 Integración del índice de sustentabilidad

Finalmente, para tener el indicador integrado de la Zona Metropolitana de Toluca, se asignaron los mismos pesos relativos (0.3) para seguir el criterio de del equilibrio de los tres pilares de la que favorecen la sustentabilidad (cuadro 8).

Cuadro 8. Indicador Integrado de Sustentabilidad

DIMENSIÓN	Ponderación (p)	z	p*z	Valor cualitativo
Social	0.33	56.2	18.7	
Ambiental	0.33	51.6	17.2	
Económica	0.33	47.62	15.9	
Suma	1.00		51.8	R

Con respecto al Indicador Integrado de Sustentabilidad, al igual que los resultados arrojados por cada una de las dimensiones, su valor únicamente alcanzó el 51.80, que se clasifica como “regular”, lo cual manifiesta en términos generales que la Zona Metropolitana de Toluca en un nivel intermedio.

Como se pudo observar, el método ponderado múltiple permitió integrar el índice de sustentabilidad de manera apropiada, ahora bien, se comentó que el análisis de la calidad de vida tiene cabida en el desarrollo sustentable, en otras palabras, la idea de sustentabilidad y la calidad de vida de manera implícita superar la concepción del enfoque economicista. De ahí, que el siguiente punto es aplicar el método ponderado múltiple para calcular el indicador integrado de calidad de vida para la Zona Metropolitana de Toluca.

Conclusiones

La pertinencia del estudio de la sustentabilidad en la actualidad es de suma importancia, considerando que las llamadas zonas metropolitanas siguen presentando una tendencia de crecimiento, tal es el caso mexicano, en particular la de Toluca, que al ser un punto estratégico para las actividades económicas se ve sujeta a una serie de presiones en la disponibilidad de recursos naturales.

De acuerdo con el planteamiento, se pudo establecer una metodología que nos permite evaluar el grado de sustentabilidad para la zona metropolitana en cuestión, superando algunas limitaciones de información. En ese sentido, el

modelo aplicado a la zona de estudio cumplió con las expectativas de los resultados arrojados por el estudio empírico, reflejando una aproximación de la sustentabilidad urbana en la Zona Metropolitana de Toluca, la cual fue calificada como “regular”, situación que lleva a reflexionar sobre las políticas públicas aplicadas por los diferentes niveles de gobierno.

De ahí que el objetivo de la presente investigación consistió en exponer y aplicar uno los métodos para la medición de la sustentabilidad, que dentro de sus posibilidades pueda hacer énfasis sobre las temáticas o factores que han quedado pendientes desde la toma decisiones de carácter público; y que ante la falta de información, los indicadores pueden ser instrumentos utilizados en la evaluación y diseño de políticas estratégicas que proporcionen las mejores condiciones de vida de la población.

Si bien, en los últimos años ha surgido un auge en el estudio de indicadores ambientales y urbanos, los casos empíricos aplicados en áreas metropolitanas son todavía escasos, aunado a esto, las escalas de indicadores a menudo no permiten identificar con mayor precisión los procesos al interior de las zonas metropolitanas.

Referencias

- Bohringer, J. (2007). *Measuring the immeasurable –A survey of sustainability indices*. Ecological Economics 63 issue (1): p1 14-8 Jun 15.
- Brundtland, Gro Harlem (1987). *Nuestro futuro común, Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo*. Oxford, Oxford University Press.
- Constanza, R. y H. Daly (1992). *Natural capital and sustainable development*. En Conservation Biology. Vol. 6, No. 1. (Mar., 1992), pp. 37-46.
- Daly, G. (1987): *Population, sustainability and Earth's carrying capacity: a framework for estimating population sizes and lifestyles that could be sustained without undermining future generation*. Bioscience, 42 (10): 761-771.
- Bronowski, J. (1970). *Studies in the measurement of levels of living and welfare*. Report 70, UNRISD. Ginebra.
- Ebert, U. y H. Welsch (2004). *Meaningful environmental indices: a social choice approach*. Journal of environmental economics and management, 47 (2 pp.270-283)

- Foladori, G. (2006). *La insostenibilidad social del desarrollo sostenible*. Portularia, vol. VI no. 2. Universidad de Huelva, España
- Foladori, G. (2007). *Paradojas de la sustentabilidad: ecología versus social*. Trayectorias, vol. IX Universidad Autónoma de Nuevo León, México.
- Freudenberg, M. (2003). *Composite indicator of country performance: a critical assessment*, OECD, Paris.
- IGECEM (2011). *Estadística Básica Municipal*.
- INEGI (2010). *Censo de Población y Vivienda*
- Jacobs M. (1995). *Economía verde, medio ambiente y desarrollo sostenible*. Tercer mundo Editores, Bogotá.
- Jacobs, R. (2004). *Measuring performance: An examination of composite performance indicators*. CHE Technical Paper Series 29. Centre for Health Economics. University of York, United Kingdom.
- Leva, Germán (2005). *Indicadores de Calidad de Vida Urbana. Teoría y Metodología*. Universidad Nacional de Quilmes, Argentina.
- Munasinghe, M. (1993). *Environmental Economics and Sustainable Development*. World Bank Environmental Paper 3, World Bank, N.Y.
- Orellana, Arturo (2011). *Indicador de Calidad de Vida Urbana*. Núcleo de Estudios Metropolitanos e Instituto de Estudios Urbanos UC, Chile
- SEDESOL-CONAPO-INEGI (2012). *Delimitación de la Zonas Metropolitanas de México 2010*.
- SEDESOL-CONAPO-INEGI (2018). *Delimitación de la Zonas Metropolitanas de México 2015*.
- Torres Tovar, R. (2013). Calidad de vida urbana en la Zona Metropolitana de Toluca: una perspectiva desde la sustentabilidad. Desarrollo Local Sustentable (DELOS), Vol 6, no. 18. Disponible: <https://www.eumed.net/rev/delos/18/toluca.pdf>