



---

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE  
HIDALGO.

INSTITUTO DE CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES  
ÁREA ACADÉMICA DE SOCIOLOGÍA  
Y DEMOGRAFÍA

**POBLACIÓN Y SOSTENIBILIDAD URBANA**  
**La zona metropolitana de Pachuca**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO EN:  
DOCTOR EN ESTUDIOS DE POBLACIÓN

PRESENTA:

PATRICIA CATALINA MEDINA PÉREZ

Director:

Sonia Bass Zavala

Codirector:

César M. Fuentes Flores

Pachuca de Soto Hidalgo, México, abril 2019.



UAEH/ICSHU/DEP/050/2019

Asunto: Impresión de tesis

**MTRO. JULIO CÉSAR LEINES MEDÉCIGO**  
**DIRECTOR DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR**  
**PRESENTE**

Sirva este medio para saludarlo, al tiempo que nos permitimos comunicarle que una vez leído y analizado el proyecto de investigación titulado **“Población y Sostenibilidad Urbana. La Zona Metropolitana de Pachuca”** que presenta la **Mtra. Patricia Catalina Medina Pérez**, matriculada en el programa de posgrado Doctorado en Estudios de Población 1ª generación (2015-2018), con número de cuenta **342943**; consideramos que reúne las características e incluye los elementos necesarios de un trabajo de tesis de doctorado. Por lo que, en nuestra calidad de sinodales designados como jurado para el examen de grado, nos permitimos manifestar nuestra aprobación a dicho trabajo.

Por lo anterior, hacemos de su conocimiento que la alumna mencionada, le otorgamos nuestra autorización para imprimir y empastar el trabajo de tesis, así como continuar con los trámites correspondientes para sustentar el examen de grado.

**ATENTAMENTE**

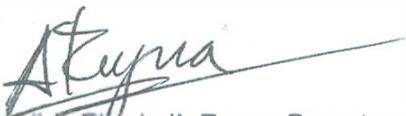
**“Amor, Orden y Progreso”**

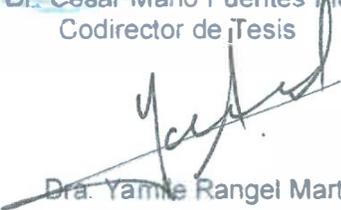
Pachuca de Soto, Hgo., a 22 de marzo de 2019

  
Dr. Alberto Severino Jaén Olivas  
Director

  
Dra. Sonia Bass Zavala  
Directora de Tesis

  
Dr. César Mario Fuentes Flores  
Codirector de Tesis

  
Dra. Angelica Elizabeth Reyna Bernal  
Lectora de Tesis

  
Dra. Yamile Rangel Martinez  
Lectora de Tesis



Carretera Pachuca-Actopan Km. 4 s/n  
Colonia San Cayetano, Pachuca de Soto,  
Hidalgo México, C.P. 42084  
Teléfono 52 (771) 71 720 00 ext 4201- 4205  
icshu@uaeh.edu.mx

[www.uaeh.edu.mx](http://www.uaeh.edu.mx)

## AGRADECIMIENTOS

A CONACYT, por el apoyo económico otorgado para la realización del presente trabajo.

A mi comité doctoral por sus enseñanzas y compromiso.

A los profesores del Programa del Doctorado en Estudios de Población por sus valiosas aportaciones.

A mi familia por su paciencia y apoyo.

# ÍNDICE

Introducción

## Capítulo 1. **La sostenibilidad urbana en el contexto actual**

- 1.1 Ciudad y áreas metropolitanas
- 1.2 Ciudades sostenibles en Latinoamérica y el Caribe (LAC)
- 1.3 La sostenibilidad de las ciudades mexicanas
- 1.4 Análisis espacial y sostenibilidad

## Capítulo 2. **Población y Sostenibilidad urbana en entornos metropolitanos**

- 2.1 ¿Qué es la sostenibilidad?
- 2.2 Los servicios urbanos e infraestructuras
- 2.3 Población, desarrollo y sostenibilidad urbana
- 2.4 Sostenibilidad y condiciones de la vivienda
- 2.5 Transición demográfica y sostenibilidad
- 2.6 Transición demográfica en Latinoamérica
- 2.7 Transición demográfica en México
- 2.8 Vulnerabilidad, antecedentes en los estudios de población
  - 2.8.1 Población, ambiente y desarrollo sustentable

## 2.8.2 Dinámica demográfica y medio ambiente

## 2.9 Sostenibilidad y vulnerabilidad sociodemográfica en las ciudades

### 2.9.1 La urbanización, vulnerabilidad sociodemográfica y la sostenibilidad

## 2.10 Vínculo pobreza-vulnerabilidad sociodemográfica-sostenibilidad

## Capítulo 3. **La zona Metropolitana de Pachuca**

### 3.1 La Zona Metropolitana de Pachuca (ZMP)

### 3.2 Caracterización sociodemográfica de Pachuca y Mineral de la Reforma

#### 3.2.1 Vulnerabilidad sociodemográfica

#### 3.2.2 Estructura de edad, hogares y condiciones de la

#### vivienda 3.2.3 Material predominante en pisos

#### 3.2.4 Bienes y TIC

#### 3.2.5 Servicios urbanos

#### 3.2.6 Desarrollo urbano

## Capítulo 4. **Enfoque espacial en los estudios de población**

### 4.1 Índice de sostenibilidad urbana

### 4.2 Construcción de la variable dependiente. Índice de sostenibilidad urbana (ISU)

### 4.3 Selección de variables de sostenibilidad urbana para la zona metropolitana de Pachuca

4.3.1 Aspectos físicos

4.3.2 Aspectos económicos y sociales

4.3.3 Aspectos de desarrollo urbano

4.3.4. Variables sociodemográficas

4.4 Análisis exploratorio de datos espaciales (AEDE)

4.5 Indicadores Locales de Autocorrelación Espacial

(LISA) 4.6 Modelo de Regresión MCO y Regresión

Espacial

## **Capítulo 5. Cómo lograr la sostenibilidad en los municipios centrales de la Zona Metropolitana de Pachuca**

5.1 Implementación y análisis de resultados del modelo para construir el

ISU 5.2 Descripción del Índice de Sostenibilidad Urbana (ISU)

5.3 Resultados del AEDE

5.3.1 I Moran

5.3.2 LISA

5.3.3 Resultados del modelo de regresión estimado con MCO

Conclusiones

Anexos

## **INDICE DE GRÁFICOS**

Gráfico 1. Antecedentes de la sostenibilidad urbana

Gráfico 2. Porcentaje de población que conforma la dependencia demográfica en la ZMP

Gráfico 3. Porcentaje de población con 18 años y más con educación post básica en la ZMP

Gráfico 4. Porcentaje de población en hogares con jefatura femenina

Gráfico 5. Delimitación del área de estudio, municipios centrales ZMP

Gráfico 6. Pirámide de población municipio Pachuca, 2010

Gráfico 7. Pirámide de población municipio Mineral de la Reforma, 2010

Gráfico 8. Bienes y TIC por municipio

Gráfico 9. Bienes y TIC por AGEB urbana

Gráfico 10. Servicios urbanos por municipio

Gráfico 11. Servicios urbanos por AGEB urbana

Gráfico 12. Servicios urbanos por AGEB urbana

Gráfico 13. Definición de continuidad

Gráfico 14. Índice de Sostenibilidad urbana

Gráfico 15. Porcentaje de viviendas con acceso a energía eléctrica

Gráfico 16. Porcentaje de viviendas con acceso a agua dentro de la vivienda

Gráfico 17. Porcentaje de viviendas con acceso a drenaje

Gráfico 18. Porcentaje de viviendas con acceso a refrigerador

Gráfico 19. Porcentaje de viviendas con acceso a lavadora

Gráfico 20. Porcentaje de viviendas con acceso a automóvil

Gráfico 21. Porcentaje de viviendas con acceso a radio

Gráfico 22. Porcentaje de viviendas con acceso a televisión

Gráfico 23. Porcentaje de viviendas con acceso a computadora

Gráfico 24. Porcentaje de viviendas con acceso a teléfono

Gráfico 25. Porcentaje de viviendas con acceso a internet

Gráfico 26. Porcentaje de viviendas con acceso a teléfono celular

Gráfico 27. Distribución espacial del ISU en los municipios centrales de la Zona Metropolitana de Pachuca por AGEB (2010).

Gráfico 28. I. Moran del ISU en los municipios centrales de la Zona Metropolitana de Pachuca por AGEB (2010).

Gráfico 29. Indicadores Locales de autocorrelación espacial en los municipios centrales de la Zona Metropolitana de Pachuca por AGEB (2010).

Gráfico 30. Indicadores Locales de autocorrelación espacial en los municipios centrales de la Zona Metropolitana de Pachuca por AGEB (2010).

Gráfico 31. ISU y variables significativas del modelo de análisis espacial en los municipios centrales de la Zona Metropolitana de Pachuca por AGEB (2010).

## **INDICE DE TABLAS**

Cuadro 1. Población y tasas de crecimiento de los municipios centrales de la ZMP

Cuadro 2. Termómetro del Índice de Sostenibilidad urbana

Cuadro 3. Variables consideradas en el Modelo MCO 1

Cuadro 4. Distribución de viviendas y población por categoría del Índice de Sostenibilidad Urbana

Cuadro 5. Distribución de viviendas y población por variables relacionadas a servicios básicos urbanos

Cuadro 6. Distribución de viviendas y población por variables relacionadas a bienes

Cuadro 7. Distribución de viviendas y población por variables de tecnologías de la información y comunicaciones

Cuadro 8. Modelo 1 MCO

Cuadro 9. Modelo 2 MCO

Cuadro 10. Modelo Lag

Cuadro 11. Operacionalización variables dimensión socioeconómica (anexos)

Cuadro 12. Operacionalización variables dimensión desarrollo urbano (anexos)

Cuadro 13. Operacionalización variables dimensión demográfica (anexos)

Cuadro 14. Matriz de correlaciones de las variables

## RESUMEN

Las ciudades han coexistido a lo largo de la historia, a partir de eventos históricos, económicos y sociales, nuestra sociedad se ha transformado y también su manera de habitar y de vivir. En este contexto, las condiciones de vida se han transformado por efecto del proceso de urbanización que impera en las ciudades de Latinoamérica.

La presente investigación tiene como objetivo encontrar el grado de sostenibilidad urbana a partir del acceso a servicios urbanos, en los municipios centrales de la Zona Metropolitana de Pachuca.

Desde la línea de investigación de Población y Ambiente, de los Estudios de Población y los estudios urbanos, se busca desarrollar un abordaje espacial de la medición de la sostenibilidad urbana mediante el uso de métodos y técnicas de análisis espacial como el análisis exploratorio de datos espaciales y la regresión espacial con el software Geoda. Su principal aporte al conocimiento es que se pueda comprender que factores intervienen en la medición de la sostenibilidad urbana por acceso a servicios urbanos, condiciones de la vivienda y entorno urbano y su comportamiento en el territorio.

Las variables significativas en el modelo de regresión espacial de sostenibilidad urbana son la educación, las condiciones de la vivienda y la densidad habitacional. Las zonas de significancia estadística de los agrupamientos en el área de estudio se localizan en el norponiente y centro del área metropolitana de Pachuca.

Los resultados muestran la existencia de heterogeneidad en el territorio, gracias al empleo de técnicas de análisis espacial y sistemas de información geográfica, fue posible identificar escenarios de baja sostenibilidad urbana, con información censal.

# **Población y Sostenibilidad urbana en la zona metropolitana de Pachuca y Mineral de la Reforma**

*Patricia Catalina Medina Pérez*

## **Introducción**

La sostenibilidad y lo metropolitano, son dos términos que se encuentran presentes en el lenguaje cotidiano. El ámbito metropolitano rige el comportamiento de las ciudades, lo que sucede en las metrópolis, sucede en menor escala en el resto de las ciudades (Marandola Jr., 2008). El desarrollo metropolitano y la sostenibilidad urbana no pueden ser estudiados sólo desde una perspectiva; como se definirá más adelante, el entorno urbano requiere cierta complejidad que se refleja al integrar las tres dimensiones básicas de la sostenibilidad: ambiental económica y social.

Determinar si una ciudad es o no sostenible, precisa analizar los retos ambientales, económicos y sociales que conlleva la tendencia de crecimiento de la población urbana, que se ve superada por los procesos de expansión física de las ciudades latinoamericanas. En este sentido, el aporte de la presente investigación, es la comprensión de la sostenibilidad como un proceso para la toma de decisiones; para formular programas de desarrollo basados en estudios elaborados a partir de herramientas metodológicas y tecnologías de información.

El crecimiento urbano y los problemas generados por él, han dado lugar a modelos de crecimiento dispersos que imposibilitan la atención de las demandas sociales de acceso a servicios urbanos y de vulnerabilidad ante los fenómenos naturales.

El crecimiento y la concentración de población en las ciudades tienen una base económico-territorial, es decir, que el proceso de urbanización tiene origen en las modalidades del proceso de producción, de ahí su vínculo con el desarrollo económico, lo que expresa una relación de causalidad; en la cual los cambios en las modalidades de producción, se reflejarán en la dinámica de crecimiento de las ciudades (SEDESOL, CONAPO, INEGI, 2012). Las políticas macro, que refieren ajustes estructurales en la economía, han generado nuevos procesos urbanos en las ciudades mexicanas como la fragmentación, la segregación y la insostenibilidad urbana. En este contexto, el área de estudio tiene algunas particularidades, entre las que destacan: por un lado, la segregación espacial, derivada de factores históricos y topográficos; y por el otro, migración acentuada intermunicipal urbana-urbana y cercanía con la zona metropolitana del valle de México.

La presente investigación estudia esas cuestiones en la Zona Metropolitana de Pachuca, para aportar elementos que permitan pensar en dicha problemática de las ciudades; desde la visión de la línea de Población y Ambiente, de los Estudios de Población y los estudios urbanos.

Se busca desarrollar un abordaje espacial de la medición de la sostenibilidad urbana a través de la confluencia de los Estudios de Población (Población y Ambiente), el Desarrollo Urbano Sustentable y la Geografía. Conjugados en el análisis de factores socioeconómicos y del ambiente construido en las ciudades. Su principal aporte al conocimiento es que los lectores puedan comprender que factores intervienen en la medición de la sostenibilidad urbana por acceso a servicios urbanos, condiciones de la vivienda y entorno urbano; y su comportamiento en el territorio.

El planteamiento teórico incorpora la variable *vulnerabilidad*, que según Cunha (2006), se asocia a la idea de riesgos o peligros, que en condiciones de pobreza, desigualdad de género, cambios en las estructuras familiares, arreglos familiares o en la dimensión ambiental, afectan a las poblaciones.

El planteamiento general de la investigación, se orienta en encontrar la capacidad de los municipios centrales<sup>1</sup> que conforman la zona metropolitana<sup>2</sup> de Pachuca, en términos de sostenibilidad, es decir, su *capacidad de proveer de servicios urbanos* dados los incrementos de población observados en áreas urbanas de México.

---

<sup>1</sup> La ZMP contempla los municipios, Epazoyucan, Mineral del Monte, Pachuca de Soto, Mineral de la Reforma, San Agustín Tlaxiaca, Zapotlán de Juárez y Zempoala, pero para este trabajo solo se ha considerado en municipio de Pachuca de Soto y Mineral de la Reforma.

<sup>2</sup> “La extensión territorial que incluye a la unidad político-administrativa que contiene la ciudad central, y las unidades político-administrativas contiguas a ésta que tienen características urbanas, tales como sitios de trabajo o lugares de residencia de trabajadores dedicados a actividades no agrícolas y que mantienen una interrelación socioeconómica directa, constante e intensa con la ciudad central, y viceversa” (SEDESOL, CONAPO, INEGI, 2012)

A partir de variables identificadas en la investigación, como en el caso de recursos urbanos, se pretende *medir el grado de sostenibilidad urbana* de una ciudad y su capacidad para *absorber el crecimiento poblacional* y satisfacer sus necesidades. Refleja el grado de vulnerabilidad sociodemográfica, centrándose en el impacto en las zonas urbanas en dos aspectos: las tendencias demográficas y la transición urbana.

La información disponible para la realización del trabajo, se obtuvo del cuestionario básico del Censo de Población y Vivienda 2010 por AGEB. El área de estudio comprende 293 AGEB urbanas distribuidas de la siguiente manera: 182 del municipio de Pachuca y 111 del municipio de Mineral de la Reforma.

Las interrogantes son: ¿Qué elementos se deben contemplar para considerar a una ciudad o sistema urbano como sostenible?; ¿Cómo tipificarlo y valorarlo? Al integrar el componente poblacional y considerando el indicador de vulnerabilidad sociodemográfica, ¿Cómo operan las fuentes de vulnerabilidad propias de un contexto altamente urbanizado? Y en un contexto sostenible, ¿Las viviendas donde se presenta una mayor cantidad de necesidades básicas insatisfechas son más propensas a ser vulnerables sociales? ¿Es posible localizar agrupamientos con características consideradas en los componentes de la sostenibilidad?

La hipótesis de trabajo a probar es la siguiente: La sostenibilidad urbana depende de factores socioeconómicos, demográficos y ambientales, que son los que determinan el nivel de vida de una población, y por lo tanto su vulnerabilidad. En el

enfoque del desarrollo sostenible, la vulnerabilidad es la falta parcial o total de sostenibilidad.

Desde el enfoque de las ciudades sostenibles, son altos los riesgos que corren sus habitantes con carencia de recursos y asentados en sitios, que no les permiten cambiar su condición de vulnerabilidad. Existe una intersección entre la vulnerabilidad demográfica y otras fuerzas generadoras de desventaja social, las viviendas con vulnerabilidad sociodemográfica presentan mayores riesgos de registrar vulnerabilidad social y condiciones de vida precarias.

Por lo que, existe una relación entre una condición severa de Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) y la vulnerabilidad sociodemográfica en ciertos grupos, tomando los hogares con mayor cantidad de integrantes envejecidos o muy jóvenes, son más vulnerables debido a que tienen más dificultades para disponer de recursos que les permitan obtener ingresos.

Con relación al componente poblacional denominado Vulnerabilidad sociodemográfica: las viviendas con jefaturas de hogar encabezado por mujeres son más vulnerables, debido a que tienen más dificultades para su desenvolvimiento en países en desarrollo, esta condición no refleja un fortalecimiento sino un riesgo. Y en cuanto a los hogares con un número mayor de integrantes, son más vulnerables ya que tienen desventajas al tener más requerimientos y su manutención implica mayor costo y la capacidad de acumulación es limitada.

El objetivo general se centra en medir el grado de sostenibilidad existente en los municipios de Pachuca y Mineral de la Reforma, en términos de acceso a los servicios urbanos, generados por los incrementos poblacionales; lo anterior para determinar cómo los municipios pueden facilitar el abasto por los en términos demográficos y faciliten la elaboración de políticas públicas que mejoren las condiciones de vida de los habitantes de los municipios mencionados.

Se pretende establecer la relación entre la vulnerabilidad demográfica y la sostenibilidad a partir de la medición de las relaciones espaciales entre la sostenibilidad urbana y la vulnerabilidad sociodemográfica con información agregada en áreas geoestadísticas básicas urbanas (AGEB)<sup>3</sup>. Con lo anterior, representar espacialmente los indicadores generados y localizar las zonas más vulnerables, por lo tanto, menos sostenibles y caracterizarlos en el ámbito sociodemográfico.

En el proceso de analizar lo espacial de la medición en la sostenibilidad urbana, se inicia un camino que parte de un acercamiento a las categorías clave para el abordaje del objeto de estudio, en la que se presenta una revisión del estado que guarda la investigación, con relación a casos de éxito o de aplicación de criterios de sostenibilidad urbana. En el primer capítulo se realiza una revisión de ciudades sostenibles en América Latina y en México, a partir de la elaboración de indicadores y sus principales resultados, luego, se presenta la herramienta a emplear en el análisis espacial y su relevancia en la medición de la sostenibilidad.

---

<sup>3</sup> En México, la AGEB es la unidad censal más pequeña, esta incluye entre 20 y 50 manzanas. No debe estar dividida por carreteras, aeropuertos, ríos o grandes áreas des pobladas.

En el segundo capítulo, se describe el marco contextual del término sostenibilidad, donde se exponen las dimensiones que se incluyen en su estudio a partir de la teoría. Posteriormente, se establece la relación de la sostenibilidad con factores que luego serán considerados en el ejercicio metodológico, tales como: las condiciones de vivienda, la transición demográfica, dinámica demográfica, vulnerabilidad sociodemográfica, desarrollo urbano y pobreza. En un siguiente apartado, se presenta la selección de variables a emplear y su justificación a partir de las dimensiones planteadas desde la teoría. Finalmente, se incorpora la herramienta de análisis espacial y sus vínculos con el estudio de la sostenibilidad.

El tercer capítulo contiene una caracterización sociodemográfica del área de estudio. En el cuarto capítulo se describe y justifica la fuente de información, el procedimiento de construcción de la variable dependiente (ISU) y el planteamiento general del modelo matemático.

En el capítulo cinco, se muestran los resultados que arroja el ejercicio de modelación matemática, como parte de la metodología a emplear en el desarrollo del presente trabajo de investigación y las conclusiones en donde se muestran las aplicaciones posibles de la medición de la sostenibilidad urbana en el territorio.

# 1. La sostenibilidad urbana en el contexto actual

En respuesta a la necesidad de comprender el fenómeno de las ciudades, el entorno urbano y el contexto metropolitano, en este capítulo se presentan antecedentes conceptuales de la ciudad relacionándolo con la sostenibilidad urbana, para luego dar paso a la discusión sobre las ciudades sostenibles en el contexto actual. Se realiza una revisión de indicadores generados y sus implicaciones en ciudades a nivel internacional, Latinoamérica y México.

Las ciudades han pasado por un proceso de transformación que las ha convertido en el entorno en el que habita el 55 por ciento de los seres humanos en el planeta ONU (2018), en América Latina y el Caribe el 81 por ciento ONU (ONU, 2018) y en México el 78 por ciento INEGI (2018). Dicha transformación tiene como resultado una tendencia global hacia la urbanización, en Latinoamérica, y en especial en México, desde los años setenta<sup>4</sup>, se evidencia que los patrones de concentración apuntan al crecimiento de las ciudades de tamaño intermedio. Dicho crecimiento propició que se incrementara la demanda de los mencionados servicios urbanos: suelo, vivienda y empleo (Banamex, Banobras e Infonavit, 2014).

---

<sup>4</sup> Promedio de urbanización cercano al 80 por ciento (Banco Interamericano de Desarrollo, 2011)

La sostenibilidad urbana surge en este contexto, por el proceso de urbanización que representa un desafío para el equilibrio de sus tres componentes: social, económico y ambiental. De la dinámica de las ciudades depende la calidad de vida de millones de personas y la economía regional; y a pesar de que la población se concentra en zonas urbanas, su ingreso constituye una amenaza para la sostenibilidad urbana debido al acceso limitado a servicios y oportunidades, la escasa regulación urbana y el desarrollo de asentamientos informales, que decanta en déficits de infraestructura urbana (Banco Interamericano de Desarrollo, 2011).

### **1.1 Ciudad y áreas metropolitanas**

América Latina es la región en desarrollo con mayores niveles de urbanización (CEPAL, 2017), lo cual se relaciona directamente con los procesos de industrialización del siglo pasado. Las ciudades de la región, representan mayores oportunidades, en ellas se moviliza la producción, los recursos humanos y tecnológicos; y son por lo anterior, focos de atracción para la población. El ámbito metropolitano ha tenido su conformación en México, luego de que el tejido urbano de la ciudad principal, se extiende hacia los que se localizan en su periferia en un primer, segundo o tercer contorno (Garza, 2003). El crecimiento económico observado después de 1940, fue el detonador del desarrollo urbano en México y provocó un incremento en la población urbana; de tal manera que aquellas ciudades que observaron mayor crecimiento fueron aquellas con vocación manufacturera y las fronterizas, para luego, alrededor de 1970, fueran aquellas con vocación de comercio y servicios. En esta última década, según Garza (2003), México se ve dentro de un

crecimiento acelerado que genera una transformación social, económica y de distribución territorial importante, en la que su población se incrementa en 14 millones de habitantes, a partir de los cuales, se conforma el 75 por ciento de la población total, asentada en ciudades.

*“Las ciudades cuentan con una jerarquía de acuerdo a la magnitud de variables socioeconómicas, demográficas, de infraestructura y servicios; éstas son nodos estructuradores de las regiones y su funcionamiento se expresa, a través de las interrelaciones que se generan entre ellas y sus territorios de influencia por los vínculos en forma de flujos de personas, bienes, información, comunicación y otros indicadores que reflejan los atributos dinámicos del sistema”* (SEDESOL, Secretaría de Desarrollo Social, 1998).

De acuerdo con Garza (2003), existe una relación causa-efecto entre el desarrollo económico y la urbanización, a partir de la industrialización y la terciarización de la economía, que es el determinante de la expansión urbana. Siguiendo con la afirmación anterior, el enfoque teórico a partir del cual es posible aproximarse al desarrollo urbano es el materialismo histórico, en el cual, la aplicación del marxismo pretende explicar la problemática urbana. “La sociedad industrial, se convierte en sociedad urbana” (Bettin, 1982, p. 120) y por lo anterior, para Castells, se generan relaciones espaciales propias de un ambiente tecnológico y dependiente del consumo y los intercambios económicos.

Dicho enfoque, pretende descubrir como el sistema económico, político e ideológico y las prácticas sociales; conforman el espacio. De la tal manera que, la distribución

espacial de los asentamientos, se ven representados por las relaciones entre los elementos descritos.

En palabras de Castells (2008), es conveniente abordar los contornos históricos de un fenómeno antes de abordar su investigación, por lo que el análisis de los procesos de urbanización, es el mejor método para retomar el tema de las ciudades. Por lo anterior, comienza planteando que es necesario estudiar la producción de las formas espaciales con base en la estructura social.

De acuerdo a Castells (2008), las principales características de las ciudades son la dimensión y la densidad, su conformación tiene diferentes perspectivas teóricas, aquí se definen las siguientes: 1) desde la relación espacial-cultural, 2) desde la arqueología y la historia.

En primer lugar, desde la relación espacial-cultural, H.T. Eldridge citado en Castells (2008), caracteriza la urbanización como un proceso de concentración poblacional en dos niveles: la multiplicación de los puntos de concentración y el aumento en la dimensión de cada una de estas concentraciones. Por lo anterior, el termino urbano designará una forma particular al espacio que aglomera o concentra la población, que en este caso tendría una diferenciación funcional y social cada vez mayor.

Castells (2008) distingue dos acepciones del término urbano:

1. Concentración espacial de la población a partir de determinados límites de dimensión y densidad
2. Difusión del sistema de valores, actitudes y comportamientos que se definen como “cultura urbana” (sistema cultural de la sociedad capitalista)

Con relación al primer punto, para Wirth, (citado en Lezama (2002)) las proposiciones sociológicas vinculadas a las ciudades, derivan de tres elementos: número de población, densidad de población y heterogeneidad de los habitantes. Del número de habitantes enfatiza en la diferenciación entre estos en rasgos personales, ocupacionales, culturales y formas de pensar; que en el medio rural no son evidentes.

En lo que respecta a la densidad demográfica, esta genera cambios en la estructura de la sociedad, produce una competencia por el espacio que impone una lógica de ordenamiento territorial, que se conforman por las características propias de los individuos. La heterogeneidad como explicación del modo de vida urbano, expone la inseguridad y la inestabilidad como consecuencia de la diversidad y de los estímulos que provienen de ésta. El hábitat urbano suele ser transitorio por lo que no genera arraigo por el entorno que habita.

Siguiendo a Spengler (citado en Lezama (2002)), el hombre es un depredador que rompe con su entorno y lo agota, la mentalidad urbana tiene una irrefrenable tendencia a la expansión y al dominio, que es característico de su época. Es cuando la ciudad se vuelve urbe, que comienza este periodo de autodestrucción provocado por el ser humano.

Desde la relación arqueológica-histórica, la ciudad es resultado de ciertos avances en la técnica y las condiciones sociales del trabajo que permitieron una producción de excedentes, que dieron paso a su intercambio y distribución entre la estructura social. Los orígenes de las ciudades revelan la localización de centros religiosos, administrativos y políticos que favorecieron la existencia de especialistas

no productivos como sacerdotes, funcionarios o trabajadores de servicios. Además de actividad científica, un sistema tributario y la existencia de clases sociales (Castells, 2008).

Para los romanos, las ciudades eran un lugar exclusivamente para la gestión y dominación. Con el fin del imperio romano, la nueva configuración de la ciudad establece un espacio para los asentamientos habitacionales, pero también para el mercado, dado que las cruzadas habían conformado rutas comerciales. Dicha tendencia al intercambio comercial continúa hasta la ciudad industrial (Castells, 2008).

La urbanización durante la Revolución Industrial, se configura espacialmente a partir de dos hechos fundamentales de acuerdo con Castells (2008): en primer lugar, la descomposición de las estructuras sociales agrarias y la migración campo-ciudad, abasteciendo de mano de obra a las ciudades. En segundo lugar, el paso de una economía doméstica a una economía de manufactura y luego de fábrica, lo que favoreció la concentración de la población cerca de la localización del mercado y el empleo:

*“El “desorden urbano” no es tal desorden, sino que representa la organización espacial suscitada por el mercado y derivada de la ausencia de control social de la actividad industrial” Castells (2008, p.22)*

Desde otra perspectiva, Polèse (1998, p. 32) atribuye a la Revolución Industrial la tendencia de crecimiento poblacional en el planeta, este es el resultado de factores como el crecimiento de la capacidad de producción de los habitantes, debido a la aplicación de nuevos conocimientos en la producción de bienes y

servicios. Otro factor es la disminución de las tasas de mortalidad infantil y aumento de la longevidad, ambos provocados por el mejoramiento en las condiciones de vida y del progreso tecnológico; que marcó el desarrollo de la agricultura, infraestructura sanitaria y los cuidados médicos.

Son las ciudades, el espacio físico en el cual se establecen las relaciones funcionales entre la población y el territorio, es después del proceso de industrialización que el crecimiento demográfico se acelera; y en forma involuntaria, comienzan a cambiar las formas de vida y ocurren cambios en los patrones de ocupación espacial, que privilegian la concentración de personas como de los procesos de producción.

Dichas relaciones funcionales forman parte hoy de nuestra vida, la tendencia marca que este proceso de concentración en áreas urbanas continuará en el futuro, por lo que su estudio en zonas metropolitanas, vistas estas como una integración de áreas urbanas se convierte en una necesidad actual y no una ocurrencia del investigador. La tendencia creciente del proceso de urbanización, impone retos para equilibrar la distribución territorial de la población y sus actividades, lo que justifica el tema de investigación.

El sistema urbano, puede definirse de acuerdo con CONAPO *et al* (2012) como “el conjunto de ciudades que se encuentran relacionadas funcionalmente”. Enfatizan que estos sistemas de ciudades son indivisibles y que se encuentran tan intrínsecamente relacionados, que cualquier cambio significativo en alguna de las ciudades que lo conforman, en mayor o menor medida, causa alteraciones en las otras. En la medida que se incrementa la población en una de ellas, su influencia es

mayor y los flujos o relaciones de intercambio de personas, bienes y servicios también se intensifican.

Como ya se ha mencionado anteriormente, no es que se pretenda dejar a un lado la escala de las ciudades, ya que el fenómeno metropolitano puede entenderse a partir de la “complejización” de las relaciones funcionales entre centros urbanos<sup>5</sup> o sus conurbaciones<sup>6</sup>. Como resultado de los procesos de terciarización de la economía, estas relaciones han conformado una “*nueva arquitectura del sistema urbano*”<sup>7</sup> (Rodríguez Bautista & Cota Yáñez, 1999), en la cual la participación femenina en las áreas de trabajo y las modificaciones demográficas, han demandado espacios provistos de nuevas tecnologías y cada vez con más servicios que den abasto a las necesidades de una población en aumento constante:

*“Lo que distingue a la ciudad de una zona metropolitana, no es solo su dimensión, sino la difusión de las actividades y funciones en el espacio y la interpenetración de dichas actividades según la dinámica independiente de la contigüidad geográfica”*  
Castells (2008, p. 28)

La organización interna de las zonas metropolitanas, describe la localización de actividades con densidades variables, con interdependencia jerarquizada de las mismas. Es decir, pueden encontrarse actividades administrativas concentradas en

---

<sup>5</sup>Centros Urbanos: ciudades con 15 mil o más habitantes, que no reúnen características de conurbación o zona metropolitana (SEDESOL, CONAPO, INEGI, 2012).

<sup>6</sup> Conurbación: conformación urbana resultado de la continuidad física entre dos o más localidades Geoestadísticas o centros urbanos, constituyendo una sola unidad urbana de por lo menos 15 mil habitantes. Pueden ser intermunicipales e interestatales cuando su población oscila entre 15 mil y 49 mil 999 habitantes e intramunicipales aun superando este rango poblacional (SEDESOL, CONAPO, INEGI, 2012).

<sup>7</sup> Citado en (Rodríguez Bautista & Cota Yáñez, 1999) L. S. Bourne, "Restructuring Urban System: Problems of Differential Growth in Peripheral Urban Systems", Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM, México, 1992, pp. 23-38.

un punto estratégico, casi siempre central, pero localizarse las zonas habitacionales de manera dispersa en varios puntos de dicha zona metropolitana. Ambos grupos de actividades establecen relaciones jerarquizadas en el territorio, que se reflejan en flujos poblacionales-sociales y económicos (Rodríguez Bautista & Cota Yáñez, 1999).

Algunas consideraciones acerca de la conformación de áreas metropolitanas atribuyen su consolidación al progreso técnico, en especial al transporte, la evolución tecnológica (energía nuclear, la electrónica y la química) y a los cambios en la industria de la construcción. Se describen algunos de estos factores a continuación.

En primer lugar, el transporte ha sido un factor explicativo o bien dependiente de los tipos de crecimiento urbano, de tal manera que los tejidos urbanos se identificaban con las infraestructuras de transporte existentes en ellos (Miralles-Guash, 2002).

En segundo lugar, la evolución tecnológica favorece el agrupamiento de actividades en núcleos urbano-industriales y la generación de redes de interdependencia, en las que la cercanía entre materias primas y producción, proveen de ventajas de concentración espacial a las industrias. Las ciudades se convierten en parte de los centros industriales, y reciben el impacto secundario de esta nueva dependencia, por la masa de servicios solicitados y por la destrucción de las formas de producción artesanales antiguas (Polèse, 1998).

Por último, los cambios en la industria de la construcción han permitido la concentración de funciones administrativas, en un espacio reducido, principalmente

en distribuciones verticales (edificios cada vez más altos e inteligentes) y han facilitado la proliferación de vivienda en masa.

Por lo anterior, en el contexto de las ciudades sostenibles, las condiciones de vulnerabilidad pueden ser vinculadas con el acceso a los servicios urbanos.

En Latinoamérica, más del 81 por ciento de la población se asienta en entornos urbanos; en México, las cifras siguen dicha tendencia, según ONU (2018), el 72.3 por ciento de la población vive en una de las 384 ciudades que conforman el Sistema Urbano Nacional.

Este crecimiento poblacional, ha ocasionado que las ciudades presenten mayores demandas en el abastecimiento de servicios como agua potable y saneamiento, que, aunado a otros aspectos sociales y económicos, dan muestra de las condiciones de riesgo y vulnerabilidad asociados al acceso a servicios urbanos. Para comprender lo anterior, se presenta un acercamiento desde las ciudades latinoamericanas hasta terminar con el área de estudio ZMP.

## **1.2 Ciudades sostenibles en Latinoamérica y el Caribe (LAC)**

La urbanización latinoamericana de acuerdo con Castells (2008) se caracteriza por los rasgos siguientes: 1) población urbana que supera la del nivel productivo del sistema; 2) no relación directa entre empleo industrial y urbanización, pero asociación entre producción industrial y crecimiento urbano; 3) fuerte desequilibrio en la red urbana; 4) aceleración del proceso de urbanización;

insuficiencia de empleo y servicios para las nuevas masas urbanas<sup>8</sup>, segregación ecológica para las clases sociales y polarización del sistema de estratificación al nivel de consumo.

Las ciudades de América Latina y el Caribe se definen por seguir patrones de concentración poblacional en las zonas urbanas. En estas ciudades tiende a concentrarse la riqueza, los ingresos, las funciones económicas y administrativas; lo que las convierte en centros predominantes, a partir de los cuales, se desarrolla el resto del sistema urbano.

De acuerdo con ONU Hábitat (2012), alrededor de 1950 no existían las megaciudades en América Latina, actualmente son ocho: Ciudad de México, Sao Paulo, Buenos Aires, Rio de Janeiro (con más de 10 millones de habitantes), Lima, Bogotá, Santiago y Belo Horizonte (con una población entre 5 y 10 millones). Por otro lado, las ciudades con población entre 5 y 10 millones de habitantes son superiores, ya que se eleva a 55; en este rango se encuentran tanto capitales de país como Caracas, Ciudad de Guatemala, San Salvador o Ciudad de Panamá como ciudades fronterizas como Tijuana y Ciudad Juárez. En un rango inferior, entre medio millón y un millón de habitantes se ubican 62 aglomeraciones.

La transición urbana en Latinoamérica se encuentra consolidada, como ya se ha planteado, la tendencia a la urbanización continua hacia las ciudades entre 500 mil al millón de habitantes. Los avances logrados en acceso a agua, saneamiento,

---

<sup>8</sup> Para mejor referencia consultar “La ciudad y las masas” de Castells.

transporte, comunicación y otros servicios urbanos han aumentado el atractivo de las ciudades llamadas intermedias.

“Las ciudades son creaciones humanas, núcleos de oportunidades, fuente de desarrollo económico, nuestro futuro está en ellas, por lo que estas deben ofrecer espacios inclusivos, más sostenibles, con mayores espacios públicos y mejor pensados para las personas” (Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos, 2012). En este sentido, algunas ciudades de Latinoamérica, han realizado esfuerzos por disminuir problemas causados por el crecimiento poblacional, tales como la rápida expansión territorial y la consecuente deficiencia en el abastecimiento de servicios básicos. El objetivo final de dicho programa plantea “la obtención de ciudades sostenibles, es decir, más productivas, competitivas, innovadoras que permiten la preservación de los recursos naturales y mejoran la calidad de vida de las personas” (ONU Hábitat, 2013).

Las ciudades pueden considerarse sostenibles, a partir de las respuestas que pueden dar a los efectos del proceso de urbanización que se ha observado en los últimos años. Cabe mencionar que la ciudad sostenible no debe establecerse como el objetivo final, sino como un proceso que contribuye al desarrollo global sostenible (Sobrino, et al., 2015); en este sentido, las ciudades latinoamericanas se encuentran en este proceso.

Con relación al tema, Moreno & Meixueiro (2007) dice: *“Aún no existe una ciudad que pueda denominarse sostenible en su totalidad, todas las ciudades, todos*

*los intentos, son una serie de propuestas, postulados de manejo integral de algunos servicios o procesos urbanos”.*

A pesar de las condiciones de pobreza que atraviesan algunos países latinoamericanos, se implementaron mecanismos que han dado solución a aspectos particulares en la búsqueda de la sostenibilidad. Se han generado indicadores de sostenibilidad a partir de 1980 en Canadá y algunos países de Europa. En la Conferencia de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (Río de Janeiro 1992) se creó la Comisión de Desarrollo Sostenible, con el objetivo de establecer un control del progreso del desarrollo sostenible en los países participantes.

En ese contexto, los indicadores de sostenibilidad de acuerdo con CEPAL (2007) pueden sistematizarse para su revisión en 1) Indicadores ambientales de primera generación (1980-1990), 2) Indicadores de desarrollo sostenible o de segunda generación (1990-presente) e 3) Indicadores de sostenibilidad o de tercera generación (por desarrollar).

Los primeros corresponden con los llamados indicadores ambientales, de acuerdo al contexto, dan cuenta del fenómeno complejo desde un sector productivo o desde la singularidad de un fenómeno constitutivo de la complejidad ambiental. Como ejemplos, se tienen indicadores ambientales como: cobertura boscosa, calidad aire de una ciudad, indicador de contaminación de agua por coliformes, indicador de deforestación, de desertificación o cambio de uso de suelo.

La segunda generación de indicadores corresponde al desarrollo realizado desde el enfoque multidimensional del desarrollo sostenible, en el que intervienen las dimensiones de tipo ambiental, social, económico e institucional.

Los indicadores de tercera generación trascienden las dos generaciones enunciadas, ya que se pretende producir indicadores transversales o sinérgicos que permitan tener acceso a un mundo mayor de significados incorporando las tres dimensiones de forma transversal.

Para CEPAL (2007), Latinoamérica se encuentra aún entre la primera y la segunda generación, y se reconoce la necesidad de avanzar en el desarrollo de la tercera generación en el tercer milenio.

Como parte del estado del arte con relación a los indicadores de sostenibilidad, en Salado García *et al.* (2008) se establece una clasificación en el componente territorial. En primer lugar, los indicadores empleados para la valoración y diagnóstico de la ciudad existente y los indicadores empleados para la valoración y diagnóstico de la planificación urbanística. En el documento revisado, se presentan indicadores de sostenibilidad aplicados a la evaluación del crecimiento urbano en áreas metropolitanas; se revisa el caso de la región de Madrid e indicadores de sostenibilidad territorial aplicados a componentes de las ciudades medias: la movilidad y el transporte en Alcalá de Henares.

Para el primer grupo de indicadores, los criterios evaluados son: consumo de suelo y los costes ambientales de la sustitución de usos de suelo naturales o rurales por usos urbanos.

Para el segundo grupo de indicadores, el cálculo se basó en la información detallada sobre el tejido urbano, la distribución y características de la población y sus pautas de movilidad observadas.

Se describen a continuación casos de éxito en ciudades latinoamericanas, en que se han generado mecanismos en la búsqueda de la sostenibilidad urbana, a partir de las variables definidas para la presente investigación; retomando las dimensiones<sup>9</sup> a partir de las cuales se construye la sostenibilidad (Garrocho, et al., 2014). Particularmente la dimensión social y la económica (vivienda, espacios públicos y servicios básicos urbanos).

### *Vivienda*

Pese a las condiciones deficitarias de vivienda en los países latinoamericanos, se observan avances en Colombia, Nicaragua y Perú, en donde se ha reducido el número de personas bajo condiciones no adecuadas de habitabilidad. Para el caso de Chile, el programa desarrollado por su gobierno logró la reducción del déficit cuantitativo de viviendas y la universalización en la cobertura de servicios básicos en áreas urbanas. El esquema incorporó la desregulación de la localización, diseño y estándares de las viviendas con orientación al mercado.

---

<sup>9</sup> Dimensiones: social, económica, ambiental, política, demográfica y la de movilidad-inclusión-acceso a oportunidades urbanas (Garrocho, et al., 2014).

En Bogotá y Sao Paulo se han observado mecanismos de planificación y gestión del suelo, articulados con los usos y aprovechamientos urbanísticos en materia de vivienda. En la primera ciudad, se implementó el programa “Participación en Plusvalías”, en la que se recaudaron entre 2009 y 2011 aproximadamente 38 millones de dólares para la redistribución y financiamiento para vivienda social y el mejoramiento de asentamientos precarios<sup>10</sup>.

En 1994 el gobierno de Rio de Janeiro inició el Programa Favela-Barrio, para la mejora física de asentamientos informales precarios (Favelas). El programa busca la integración física y social de esos barrios por medio de mejoras en la infraestructura, servicios públicos y espacios de usos colectivo.

En Medellín, en 2004 se escogió “la quebrada San Juan Bobo”, un asentamiento informal para un programa de mejoramiento e integración social y espacial. Los servicios provistos fueron: acceso a servicios de acueducto, alcantarillado, recolección de basuras, un sistema de movilidad y espacios públicos.

### *Servicios básicos urbanos*

Una de las principales áreas de mejora es el transporte, en este rubro, en Brasil el Grupo CCR invirtió en infraestructura para el metro de Salvador, ferry y tranvía en Río de Janeiro (Rodríguez Tijerina, 2015).

---

<sup>10</sup> ONU-Hábitat define “hogar de asentamiento precario” como un grupo de personas que vive bajo el mismo techo en una zona urbana que carece de una o más de las siguientes condiciones: 1. Una vivienda durable de naturaleza permanente que proteja contra condiciones climáticas adversas. 2. Un espacio vital suficiente, lo que significa que no más de tres personas compartan una habitación. 3. Acceso fácil a agua potable en cantidad suficiente y a un precio razonable. 4. Acceso a saneamiento adecuado: letrina privada o pública compartida con una cantidad razonable de personas. 5. Tenencia segura para evitar los desalojos forzados.

Al respecto, en las ciudades de América Latina se han implementado Sistemas de Transporte Público Masivo de Autobuses (BRT), en el cual se da prioridad al transporte público con relación a otros vehículos. Más de 45 ciudades han realizado inversiones en el sistema BRT, como el Transmilenio en Colombia. Casos como el de Medellín, con el “Metrocable”, en la cual se implementó la adición de cables aéreos a la infraestructura de transporte público de la ciudad. Esta tecnología, empleada en pistas de esquí, comunica sectores de alta densidad poblacional caracterizados por altos índices de violencia y pobreza, producto de una mezcla de fragmentación y exclusión social (Dávila & Brand, 2012). Los avances observados en materia social y urbanística, ligados con este proyecto de inversión en transporte, son atribuidos a la combinación de la inversión en sectores como movilidad, espacio urbano, vivienda y empleo. Los sectores marginados fueron integrados y beneficiados de la combinación mencionada, ya que, al realizarse estos proyectos de inversión integrales, las ciudades tienden a ser más inclusivas.

En este contexto, el proyecto “Metrocable” de Medellín generó más espacios y servicios públicos, integrando la existencia de áreas verdes, centros de salud, escuelas, parque biblioteca y espacios para vivienda social.

Para el caso de México, en el documento Ciudades: Mérida, Escenarios de crecimiento, Modelos de desarrollo Sustentable (Centro Mario Molina para Estudios Estratégicos sobre Energía y Medio Ambiente A.C., 2014) se exploran las alternativas para la generación de escenarios de crecimiento de las ciudades y se analizan las implicaciones de las soluciones propuestas.

El objetivo principal del estudio planteado en Mérida, es la generación de una metodología que permita proyectar escenarios de desempeño de la política pública empleada para la gestión de territorio en las ciudades. Toma como base tres modelos de desempeño para su metodología, los que coinciden en la proyección de desempeño de la política para la gestión del territorio. En primer lugar, los modelos *RapidFire* y *UrbanFootprint* que permiten proyectar el impacto de las decisiones tomadas en materia de indicadores. A partir de la utilización de *Place-types* o lugares tipo, describen barrios a partir de sus características geométricas, demográficas y en la demanda de recursos y energía.

En segundo lugar, el modelo propuesto en la guía *Infrastructure Costs and Urban Growth Management*, permite estimar los costos de infraestructura para la gestión del crecimiento urbano mediante el desarrollo de escenarios de diferentes patrones de urbanización. Con la herramienta *The Energy and Emissions Reduction Policy Analysis Tool*, se considera un modelo para analizar los escenarios de reducción de gases de efecto invernadero en las agencias de transporte norteamericanas.

Los objetivos específicos del estudio de caso de la ciudad de Mérida son:

1. Analizar la situación urbana de la ciudad,
2. Identificar tendencias y oportunidades en la política de gestión del suelo,
3. Desarrollar una propuesta metodológica que evalúe las posibilidades de crecimiento de la ciudad,

4. Identificar límites en la aplicación de modelos existentes

5. Proyectar escenarios de crecimiento para facilitar la toma de decisiones.

Los criterios de medición toman como base las cinco dimensiones del desarrollo sustentable o *5D*: densidad, diversidad, diseño, destino (accesibilidad al) y distancia (al transporte público), se integran también el uso y aprovechamiento de recursos e indicadores socioeconómicos. Las variables seleccionadas se decidieron en dos grupos, como criterios de medición, que incluyen:

1. Indicadores socioeconómicos (Empleo, valor del suelo, nivel de marginación y porcentaje de viviendas deshabitadas)
2. Costos en infraestructura y legislación (vialidades, obras y servicios públicos; costo de operación y mantenimiento e ingresos-egresos públicos anuales).

El otro grupo lo forman los criterios relativos:

1. Densidad (densidad, coeficiente de ocupación del suelo, niveles de construcción),
2. Diversidad (mezcla de usos de suelo, aprovechamiento de suelo intraurbano, mezcla de tipos de vivienda e inventario de equipamiento urbano)
3. Movilidad (transitabilidad a pie, rutas de transporte público, distancia a centros de trabajo, tiempos a centros de trabajo, tasa de motorización y distancia recorrida por persona)

4. Configuración (tamaño promedio del predio, tamaño promedio de la cuadra, superficie vialidades, áreas verdes o espacios públicos, superficie verde por habitante y número de baldíos intraurbanos)
5. Usos de recursos (consumo promedio de agua, consumo promedio de energía, consumo promedio de gas y porcentaje de tratamiento de agua).

Los resultados obtenidos a partir del análisis a la ciudad de Mérida, de acuerdo con Centro Mario Molina para Estudios Estratégicos sobre Energía y Medio Ambiente A.C. (2014) son:

- Con relación a las proyecciones<sup>11</sup> de crecimiento poblacional y urbano, se prevé el incremento de 200 mil nuevos habitantes, es decir, 50 mil viviendas adicionales necesarias para el 2030. En superficie de crecimiento, de acuerdo con el parámetro establecido de 33 viviendas por hectárea se estima en 2,439 hectáreas de crecimiento habitacional y 35,570 hectáreas de proyección de la superficie urbana total.
- En la proyección de la ocupación de suelo se estima que el 97 por ciento del crecimiento se dará fuera de la mancha urbana. Dentro de los costos para el gobierno en la construcción de vialidades, mantenimiento de las mismas, alumbrado público, subsidios del transporte, gasolina y electricidad, el monto anual asciende a 1,123 millones de pesos.
- El impacto ambiental en este estudio de caso, se mide analizando las emisiones del transporte público, la construcción de vivienda y alumbrado

---

<sup>11</sup> *“Las proyecciones de población son una herramienta para determinar las necesidades futuras de espacios y requerimientos de uso” (Bazant, 1984)*

público. Por medio de las encuestas realizadas se estimaron las distancias recorridas y se obtuvo la conversión de kilómetro recorrido a tonelada de CO<sub>2</sub>. El total de emisiones 2010-2030 asciende a 20.2 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>, de las cuales el 96 por ciento se asocian a la construcción, urbanización y mantenimiento de la vivienda.

Como ya se mencionó, la sostenibilidad no es un producto final, sino un proceso y en Mérida se reconoce el potencial para avanzar en este proceso. Las recomendaciones emitidas como escenario visión, se adaptan al contexto mexicano y permiten evaluar otras ciudades dentro del marco de la sostenibilidad. Para el caso de estudio en particular, se observa un desarrollo urbano disperso y segregado por lo que se plantea la densificación de baldíos urbanos y la contención de la mancha urbana.

### **1.3 La sostenibilidad de las ciudades mexicanas**

El acelerado proceso de urbanización que experimentó nuestro país en las últimas cinco décadas propició que el crecimiento demográfico nacional se concentre cada vez más en el medio urbano: a mediados del siglo XX, 60.7 por ciento del incremento anual de habitantes del país tenía lugar en las ciudades, actualmente 78.1 por ciento se origina en ellas (CONAPO, 2003).

Por otro lado, en el documento Ciudades Competitivas y Sustentables (Banamex, Banobras e Infonavit, 2014, p. 5) se afirma que después de 1970, las nuevas tendencias de urbanización en México condujeron a la concentración de la

población en las ciudades y a la demanda de empleo, suelo, vivienda y servicios urbanos.

De acuerdo con el XII Censo General de Población y Vivienda INEGI (2000), 3.9 millones de personas cambiaron su lugar de residencia habitual durante el quinquenio previo, cruzando los límites estatales, y 2.6 millones adicionales lo hicieron entre los municipios de una misma entidad. Estos movimientos migratorios tienen consecuencias en el crecimiento de la ciudad, los incrementos se encuentran resueltos o no desde el punto de vista de la oferta de vivienda, al incorporarse principalmente en zonas periféricas, complejos habitacionales primordialmente precarios, con la respectiva demanda de servicios urbanos como salud, educación, empleo, entre otros (Arriagada, 2004).

La demanda no resuelta de vivienda desencadena en algunos casos sectores con asentamientos irregulares, como consecuencia de ello, las ciudades de países menos desarrollados, como es nuestro caso, crecen de manera desordenada y anárquica; en ellas son permanentes las situaciones de conflicto e inseguridad que, en parte, son producto de las diferencias sociales causadas por la desigualdad del ingreso (Martínez Rivera & Trápaga Delfín, 2012).

Como se propone en el Consenso de Montevideo sobre Población y Desarrollo:

*“Asegurar la plena integración de la población y su dinámica en la planificación del desarrollo sostenible, las políticas sectoriales y las políticas y programas públicos en general —en particular en los planes de desarrollo y ordenamiento territorial a escala nacional y sub nacional, haciendo uso del conocimiento y la información*

*sociodemográfica y aprovechando los avances tecnológicos*”. (CEPAL-Naciones Unidas, 2015).

Así mismo, el Programa de Acción de la Conferencia sobre Población y Desarrollo (Fondo de Poblacion de la Naciones Unidas, 2004) relaciona el proceso de urbanización con factores económicos y sociales, por lo que tanto los países desarrollados, como los que se encuentran en desarrollo, siguen un proceso de transformación en el que pasan de ser rurales a predominantemente urbanos. La migración es una consecuencia de esta presión, por la desigual distribución de estos factores económicos en el territorio, por lo que actualmente se observan patrones migratorios hacia las ciudades de tamaño medio.

En el mismo contexto, en la Implementación del Programa de Acción de las Naciones Unidas (ONU, 2013) específicamente el inciso H. Distribución de la población, urbanización y migración interna; se identifican los siguientes asuntos y objetivos:

- Fomentar una distribución espacial de la población más armónica con el desarrollo sostenible y basada en el respeto de los derechos humanos- especialmente el derecho al desarrollo- y mitigar los diversos factores de presión en lo que respecta a las corrientes migratorias”
- Mejorar la gestión de las aglomeraciones urbanas mediante una planificación y una gestión más participativas y con un menor consumo de recursos, examinar y modificar las políticas y mecanismos que contribuyen a la concentración excesiva de población en las grandes ciudades y mejorar la

seguridad y la calidad de vida de los residentes de bajos ingresos de las zonas rurales y urbanas.

Existe un amplio abanico de fuentes en las cuales el eje conductor de la discusión sobre las ciudades y la sostenibilidad, es el abastecimiento de los servicios urbanos de manera que estas sean accesibles e inclusivas. La búsqueda central de los documentos presentados es la ciudad compacta, en la que se disminuyen las distancias y se aglomeran los servicios urbanos de manera que todos los habitantes tengan acceso a ellos.

#### **1.4 Análisis espacial y sostenibilidad**

La estrecha relación entre los fenómenos sociales como la sostenibilidad urbana en entornos metropolitanos como el área de estudio, y su localización en el territorio, puede explicarse a partir de la misma configuración de los entornos urbanos actuales. La ciudad se caracteriza por ser un espacio social fragmentado, en el que son evidentes sectores residenciales consolidados y, por otro lado, sectores precarios en condiciones precarias y con poco o nulo suministro de servicios urbanos. La presente investigación tiene como objetivo detectar la diferenciación espacial de zonas caracterizadas por déficit en las condiciones de vivienda y vulnerabilidad sociodemográfica, reflejadas en el territorio.

El análisis espacial permite comprender el comportamiento de los fenómenos sociales en el territorio. El análisis espacial integra técnicas estadísticas, informáticas, matemáticas aplicadas y los sistemas de información geográfica

(Garrocho-Rangel, 2016); con la intención, de obtener una explicación estadística mediante métodos espacio-temporales.

Los métodos de análisis espacial, permiten obtener indicadores de asociación espacial, como el AEDE que incluye indicadores locales como el I de Moran y los indicadores locales (LISA), que son agrupamientos de las variables en el territorio localizados en el territorio a partir de su significancia estadística. Lo anterior, permite comprobar la hipótesis de existencia de patrones de agrupamiento de las variables que intervienen en un fenómeno social y si este agrupamiento es aleatorio o si es resultado de correlación o dependencia espacial (Odland, 1988).

Según Anselin (1996), existe una interconexión entre el entramado social y el ámbito en el que se desarrolla; por lo que cualquier acción que se realiza en una unidad espacial, tiene efectos en unidades vecinas, y más allá de sus límites.

Los cambios registrados en la población, tienen efectos a escala territorial, son llamados *spatial spillovers* (Anselin, 2010). Las transformaciones sociales, económicas, culturales y ambientales, tienen efectos de acuerdo con su localización física dentro del ámbito urbano y más allá de éste. La localización física de fenómenos sociales como la el indicador de sostenibilidad urbana, radica en la existencia de dependencia entre los datos de una misma variable involucrada en dicho fenómeno (Odland, 1988), ya que una fuente importante de los estudios empíricos en las ciencias sociales, es su ubicación. Es posible, analizar unidades referenciadas geográficamente como viviendas, unidades espaciales, asentamientos, o incluso a gran escala como ciudades o países.

Los métodos de análisis espacial, por lo antes mencionado, permiten estudiar los patrones de organización de un fenómeno en el espacio y permite obtener información de su ubicación absoluta y si las unidades estudiadas se relacionan entre sí de manera aleatoria o correlacionada mediante métodos de inferencia estadística. Los resultados son visibles en un mapa, que muestra gráficamente cómo se comporta un fenómeno en el territorio

La autocorrelación espacial existe cuando una variable muestra un patrón en el espacio en el cual, los valores en un grupo de ubicaciones, depende de los valores que tiene la misma variable en otras ubicaciones (Odland, 1988). Además, estos métodos proveen maneras de investigar la organización y la estructura de un fenómeno en el espacio, es posible obtener información del mismo en su ubicación absoluta o relativa; la correlación espacial provee los medios para emplear los métodos de inferencia estadística para comprobar una hipótesis, por medio de patrones o agrupamientos en un mapa.

Se presenta un breve estado del arte sobre estudios realizados en los que se analizan fenómenos varios.

Una revisión de trabajos que realizaron análisis espacial de fenómenos variados, muestra que se han incorporado herramientas de Sistemas de Información geográfica (SIG), esta tecnología permite realizar una gran variedad de estudios que ligan de manera dinámica el mapeo y el análisis y cuentan con nuevos métodos de análisis en un ambiente de SIG. Fotheringham & Rogerson (2005) destaca tres ventajas en el empleo de SIG en el análisis espacial: 1) flexibilidad y disponibilidad

de visualizar datos originales y derivados, 2) proveen funciones espaciales para editar, transformar, agregar y seleccionar datos, y 3) fácil acceso a las relaciones espaciales entre las observaciones y el área de estudio.

Cabe mencionar que, de la bibliografía revisada a partir de libros especializados y revistas, las investigaciones los temas analizados son principalmente de salud (localización geográfica de las enfermedades en el territorio).

En Radoslav, et al. (2012) se realiza un análisis espacial mediante SIG para medir la relación entre los estatutos de la Unión Europea y el buen gobierno en Rumania. Por otro lado, en Glanz, et al. (2012) se plantea la problemática generada por los modelos de ciudad y el transporte en las ciudades dispersas de Norteamérica y sus efectos en el desarrollo sostenible. Mediante un análisis de los vecindarios, se determinan los patrones de viaje y la zonificación; luego se analiza la eficiencia de los servicios con relación a los vecindarios.

Relacionado con la temática de vulnerabilidad y riesgo, Balssells et al. (2013) analiza las condiciones de resiliencia de barrios de Nueva Orleans bajo los efectos de inundaciones del huracán Katrina. Los resultados muestran una aproximación a una metodología para simular los efectos de las inundaciones en el diseño urbano, ordenamiento y edificaciones.

Por otro lado, en se realiza el diseño de indicadores de sostenibilidad en Chile, con empleo de herramientas CAD (Diseño Asistido por Computadora) para

luego convertir la información en georreferenciada y emplear SIG para actualizar la información cartográfica del Plan Regulador Comunal.

En los últimos años, los trabajos de investigación relacionados con el análisis espacial en la localización de indicadores de sostenibilidad, se limitan al empleo de sistemas de información geográfica con el objetivo de cartografiar los resultados obtenidos. A pesar de su utilidad, existe una amplia gama de aplicaciones en la generación de políticas públicas para el ordenamiento territorial, para el desarrollo sostenible; sin embargo, no se encontraron análisis con AEDE de indicadores de sostenibilidad urbana en la bibliografía revisada.

A pesar de lo anterior, y debido a la complejidad de la información que proveen las ciudades, es necesario su estudio para incrementar la investigación de las ciudades sostenibles, por lo que a continuación se justifica el empleo de herramientas de análisis espacial en el estudio de las ciudades sostenibles.

En el siguiente capítulo, se aborda ampliamente el concepto sostenibilidad y sus vínculos con temas que comprende el análisis de la presente investigación.

## **2. Población y Sostenibilidad urbana en entornos metropolitanos**

La discusión sobre la existencia de la sostenibilidad ha sido abordada en años recientes, pero no se ha avanzado suficiente para concretar acciones en políticas públicas. La relación entre la sostenibilidad y las ciudades, radica en que más de la mitad de la población vive en entornos urbanos, en los cuales se concentran las actividades productivas, bienes y servicios (Sobrino, et al., 2015).

Con base en estudios realizados con relación a la sostenibilidad urbana, se han encontrado los siguientes enfoques teóricos para abordar su estudio y para dar a conocerlos, se presentan las que atienden al concepto sostenibilidad, a partir de una revisión de la generación y aplicación de indicadores, dimensiones de la sostenibilidad y descripción de las variables que se consideran a partir de la teoría. Posteriormente se presenta una discusión sobre la relación entre sostenibilidad urbana y conceptos como población, transición demográfica, condiciones de vivienda, población y ambiente; y vulnerabilidad sociodemográfica. Finalmente, se muestran elementos teóricos que utilizan la metodología de análisis espacial.

### **2.1 ¿Qué es la sostenibilidad?**

Este concepto surge, a partir de la inviabilidad del modelo de crecimiento económico que ha conducido a la civilización industrial. En la literatura se habla de

orígenes sobre la preocupación ambiental y de recursos naturales, previo a la aparición del término en cuestión. En Grecia antigua se condicionaba el número de habitantes de acuerdo con la producción agropecuaria de los campos cercanos a las ciudades. Sin embargo, esta preocupación continúa latente durante el siglo XVIII cuando Thomas Malthus observó que la producción requiere tierra como labor, mientras que el crecimiento de la población aumenta y era utilizada para dotar de mano de obra a las fábricas, dando lugar a la Teoría Maltusiana.

En dicha teoría Malthus expresaba:

*“Afirmo que la capacidad de crecimiento de la población es infinitamente mayor que la capacidad de la tierra para producir alimentos para el hombre. La población, si no encuentra obstáculos, aumenta en progresión geométrica. Los alimentos solo aumentan en progresión aritmética. Basta con poseer las más elementales nociones de números para poder apreciar la inmensa diferencia a favor de la primera de estas dos fuerzas” Primer Ensayo sobre la Población, Alianza Editorial, Madrid 1970; pag.53. Citado en Leal (2013).*

Posteriormente, con la aparición del informe de Donella Meadows, “Los límites del crecimiento”, en 1971, se planteó la necesidad de establecer los límites al crecimiento económico como medida para atenuar el desequilibrio entre el desarrollo incontrolado y los recursos naturales.

En 1972, en la Declaración de Estocolmo sobre el Medio Ambiente Humano se hace presente la preocupación sobre el agotamiento de los recursos y el crecimiento de la población:

*“Hemos llegado a un momento de la historia en que debemos orientar nuestros actos en todo el mundo atendiendo con mayor solicitud a las consecuencias que puedan tener para el medio ambiente. Por ignorancia o indiferencia, podemos causar daños inmensos e irreparables al medio ambiente terráqueo del que dependen nuestra vida y nuestro bienestar. Por el contrario, con un conocimiento más profundo y una acción más prudente, podemos conseguir para nosotros y para nuestra posteridad unas condiciones de vida mejores en un medio ambiente más en consonancia con las necesidades y aspiraciones del hombre”* (Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano, 1972).

Ignacy Sachs<sup>12</sup> como consultor de Naciones Unidas para temas de medioambiente y desarrollo en el marco del Consejo de Administración del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA); propone el término *ecodesarrollo*, el cual involucra objetivos sociales, de distribución de la riqueza, reconocimiento de los límites ambientales al crecimiento y una propuesta eficiente del sistema económico (Leal, 2013).

El término se difundió mundialmente luego de la Declaración de Cocoyoc 1974, seminario promovido por las Naciones Unidas y celebrado en el Hotel Cocoyoc de Cuernavaca, México, como respuesta al aumento de la producción de los países del llamado Tercer Mundo y la preocupación de las Naciones Unidas por el respeto a los ecosistemas (gráfico 1).

---

<sup>12</sup> Consultor de Naciones Unidas en Medio Ambiente y Desarrollo, citado en Leal (2013).

Consecutivamente, el término se amplía y se sustituye por el de sustentabilidad<sup>13</sup>, dando como resultado la idea de cambiar el nombre de *ecodesarrollo* por desarrollo sostenible (*self sustained growth*). Cabe mencionar que la conjunción de desarrollo con el término sostenible, tiene que ver con el surgimiento de ambos en el mismo espacio temporal y, que tiene como origen una connotación economicista. La indefinición del desarrollo sostenible procede de esta conjunción de términos, que en palabras de Naredo (1996), que se refieren a niveles de abstracción y sistemas de razonamientos diferentes, ya que el crecimiento económico encuentra su definición en agregados monetarios, mientras que la preocupación por la sostenibilidad recae sobre procesos físicos singulares.

**Gráfico 1. Antecedentes de la sostenibilidad urbana**

Antecedentes de la sostenibilidad urbana
1976: Conferencia Hábitat de NN.UU. (primera "cumbre" mundial de las ciudades)
1992: "Cumbre" de Río de Janeiro sobre medio ambiente y desarrollo, donde se aprueba la "Agenda 21" (en mejor castellano: Programa 21), cuyo capítulo 28 es el punto de partida del movimiento de ciudades y pueblos hacia la sostenibilidad ("Agendas 21" locales). Integración de viabilidad ecológica y justicia social en el concepto de desarrollo sostenible.
1994: "Carta de las ciudades europeas hacia la sostenibilidad", aprobada en Aalborg (Dinamarca).
1996: Encuentro de Lisboa de las ciudades adheridas al movimiento por la sostenibilidad, de donde salió el llamado "Plan de Acción de Lisboa".
1996: Conferencia Hábitat II de NN.UU. (segunda "cumbre" mundial de las ciudades)
2000: Encuentro de Hannover de las ciudades adheridas al movimiento por la sostenibilidad, con la firma de otra importante declaración.
2004: Estrategia Temática de Medio Ambiente Urbano de la Comisión Europea, y IV Conferencia Europea de Ciudades Sostenibles ("Aalborg + 10").

Fuente: Elaboración propia

La inconformidad surge por el sesgo economista del término y su tendencia a asimilar el crecimiento económico con la idea de sostenibilidad. Sin embargo, para

<sup>13</sup> La discusión sobre si el desarrollo debe ser sostenible o sustentables ha enriquecido con los aportes de diversas disciplinas, de todo que su definición es un ejercicio trans-disciplinar no concluido.

Herman Daly (citado en Leal (2013)) para lograr el desarrollo sostenible, es preciso que la capacidad de explotación humana sea igual a la capacidad de sustentación del medio, es decir, que el área sustentada sea proporcional al área sustentante. “La velocidad de explotación del medio debe ser igual a la velocidad de regeneración de los recursos naturales”, para efectos de la presente investigación: la cantidad de habitantes deberá ser inferior o igual a la capacidad de asimilación del medio, expresada en recursos.

En este marco conceptual, el desarrollo sostenible está ligado principalmente al uso racional de los recursos naturales, en términos del Informe Brundtland 1987-1988, bajo el concepto de desarrollo sostenible se pretende *“Satisfacer nuestras necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las suyas”*. En concordancia, la Declaración de Río en 1992, define el desarrollo sostenible como aquel que satisface las necesidades de las generaciones presentes, sin comprometer las posibilidades de las generaciones futuras para atender sus propias necesidades.

El documento más importante de los resultados de la Conferencia de Río es Agenda 21, que se concentra principalmente en los problemas de desarrollo y ambientales, en materia de desarrollo y vivienda. Queda establecido que el centro del debate es que la ciudad debe apostar por la inclusión, la igualdad y la sostenibilidad. Las áreas de debate para la Conferencia próxima son: 1) Cohesión, igualdad y ciudades equitativas, 2) marcos urbanos, 3) desarrollo espacial, 4)

economía urbana, 5) ecología urbana y medio ambiente y 6) Vivienda y servicios urbanos (Leal, 2013).

De acuerdo con las reflexiones anteriores y a las diferentes referencias conceptuales, existe el siguiente consenso con relación a la sostenibilidad: se consideran tres dimensiones, que en conjunto garantizan la sostenibilidad de una sociedad: la dimensión económica, la social y la ambiental. La interacción entre las dimensiones mencionadas, será el modelo de desarrollo sostenible elegido en un espacio en particular. Las tres dimensiones mencionadas, son la base para la definición de la sostenibilidad, sin embargo, se encuentran ampliaciones de las mismas en documentos generados posteriormente.

### **Sostenibilidad urbana**

La aplicación del concepto de sostenibilidad a las zonas urbanas, tiene su origen en la definición dada por el Consejo Internacional de Iniciativas Ambientales Locales<sup>14</sup>, según la cual *“el desarrollo sostenible es aquel que ofrece servicios ambientales, sociales y económicos básicos a todos los miembros de una comunidad sin poner en peligro la viabilidad de los sistemas naturales, construidos y sociales de los que depende la oferta de estos servicios”*.

En este punto, es prudente reflexionar sobre a los alcances de la investigación. Con relación al tema de sostenibilidad, en nuestra concepción de la

---

<sup>14</sup> Programa del Medio Ambiente de las Naciones Unidas y Foro Mundial de la Naturaleza, 1991. En CIUDADES EUROPEAS SOSTENIBLES, INFORME. Grupo de expertos sobre el medio ambiente urbano. Comisión Europea. Dirección General XI Medio Ambiente, Seguridad Nuclear y Protección Civil. Bruselas, marzo de 1996.

sostenibilidad, se antepone los elementos ambientales, sin embargo, en el argumento de Naredo (1996) se clarifica el objeto de la sostenibilidad y se definen dos nociones de la sostenibilidad: la sostenibilidad fuerte y la parcial. En la primera, hablando de sistemas físicos sobre los que se organiza la vida de los hombres, afirma que la sostenibilidad de tales sistemas dependerá de la posibilidad que tienen de abastecerse de recursos y deshacerse de residuos; así como de su capacidad para controlar las pérdidas de calidad que afectan su funcionamiento. Justo la indicación del ámbito espacio-temporal de referencia la que da mayor o menor amplitud a la noción de sostenibilidad.

Con relación a la sostenibilidad fuerte, Leal (2013) sostiene que la apropiación humana del medio ambiente ocasiona cambios en los ecosistemas y causa problemas ambientales que conllevan modificaciones tecnológicas, económicas y sociales, debido a que utiliza los recursos y expulsa sus desechos. El medio condiciona el asentamiento y las actividades humanas. La interrelación entre ambos sistemas debe ser sostenible e inseparable, como condición para la viabilidad espacio temporal de cualquier sistema socioeconómico. Además, exige que, ni el crecimiento económico, ni el poblacional, mantengan un crecimiento continuo, demanda la existencia de límites.

Se trata de reconocer la existencia de diferentes sistemas abiertos, que comercialicen sus excedentes y establezcan intercambios con otros sistemas abiertos, obligando a replantear el concepto de desarrollo sostenible imperante, que relaciona bienestar con riqueza (Enrique Leal, 2013).

La segunda noción de sostenibilidad (parcial) se define cuando se refiere solo a un aspecto, subsistema o elemento determinado (por ejemplo, solo al manejo de agua, de algún material, energía o del territorio) y no al conjunto del sistema o proceso estudiado con todas sus implicaciones. *“A muy largo plazo, tanto la sostenibilidad local como la parcial, están llamadas a converger a la global”* (Naredo, 1996, p. 15)

Si bien, el concepto sostenible se aplica de origen, a cuestiones ambientales, lo cierto es que no es exclusivamente ambientalista, sino más bien hace referencia a lo relacionado con las actividades humanas (Leal, 2013). A la vez que el término ha ido expandiéndose en su utilización, la reflexión sobre la viabilidad a largo plazo de los sistemas urbanos, ha ido también insertándose en las discusiones. Al respecto, y separado de las preocupaciones económicas ordinarias, es necesario identificar los sistemas cuya sostenibilidad o viabilidad se pretende medir, así como precisar su ámbito espacial atribuido a los sistemas y el horizonte temporal para el que se cifra dicha viabilidad.

Si nos referimos a los sistemas físicos, en los que los hombres se desempeñan, la sostenibilidad de tales sistemas, en este caso los urbanos, dependerá de la posibilidad que tienen de abastecerse de recursos y de su capacidad para controlar las pérdidas de calidad que afectan su funcionamiento (Naredo, 1996).

El desafío de la sostenibilidad urbana particularmente, es discutido en documentos como: *El libro verde del medio ambiente urbano* (Gobierno de España, 2009) y el Informe final del Grupo de Expertos sobre el Medio Ambiente Urbano de la Unión Europea, titulado *Ciudades Europeas Sostenibles (1995)*. En el primer documento, se establecen los principales retos de la sociedad actual con relación al metabolismo urbano; expresado en el grado de presión que ejercemos como seres humanos, sobre los sistemas de soporte y que indican el grado de sostenibilidad de nuestras acciones. El documento hace énfasis en tres aspectos: reducir el valor del consumo de energía, vincular cada vez más el funcionamiento de las ciudades a las energías renovables; y que la ordenación del territorio, el urbanismo, la movilidad, la edificación, se desarrollen teniendo en cuenta el funcionamiento de los sistemas que nos soportan y su renovabilidad.

En el segundo, se señala que *“el desafío de la sostenibilidad urbana apunta a resolver tanto los problemas experimentados en el seno de las ciudades, como los problemas causados por las ciudades”*.

La Carta de Aalborg (Conferencia Europea sobre Ciudades Sostenibles, 1994), firmada por 400 ciudades, reafirmaba el compromiso de adoptar medidas de fomento de la sostenibilidad. Tiene como antecedentes directos *“Los límites del crecimiento”* (Meadows 1972) y *“Nuestro futuro común”* (Brundtland 1987). En la Carta Europea de Ciudades Sostenibles, se observa que los asentamientos humanos representan una amenaza ambiental y señala a las ciudades como espacios significativos de la biósfera. Por lo anterior, considera que las ciudades no deberían continuar creciendo a un ritmo descontrolado, por lo que el urbanismo

necesita incorporar la sostenibilidad en su quehacer cotidiano, en las dimensiones económicas, sociales y ecológicas.

Las iniciativas que se plantean, fomentan un acceso más equitativo a los equipamientos públicos básicos, favorecen la economía, la producción y el consumo de proximidad:

*“Nosotras, ciudades europeas...hemos aprendido que los actuales niveles de consumo de recursos en los países industrializados no pueden ser alcanzados por la totalidad de la población mundial, y mucho menos por las generaciones futuras, sin destruir el capital natural. Estamos convencidas de que la vida humana en este planeta no puede ser sostenible sin unas comunidades locales viables... las ciudades tienen una función determinante en el proceso de cambio de los modos de vida, de la producción, del consumo y de las pautas de distribución del espacio”* (Conferencia Europea sobre Ciudades Sostenibles, 1994).

Así mismo, con relación a las ciudades como la unidad de medida para la solución a los problemas de la sostenibilidad, menciona:

*“Nosotras, ciudades, estamos convencidas de que la ciudad es, a la vez, la mayor entidad capaz de abordar inicialmente los numerosos desequilibrios arquitectónicos, sociales, económicos, políticos, ambientales y de recursos naturales que afectan al mundo moderno y la unidad más pequeña en la que los problemas pueden ser debidamente resueltos de manera integrada, holística y sostenible”* (Op. cit).

Se ha delimitado el marco conceptual con relación al término sostenible desde su origen y como se ha construido de manera específica en el ámbito urbano, a

continuación, se describe cómo se logra la sostenibilidad mediante a revisión de documentos relacionados con la construcción de indicadores de sostenibilidad.

En el estudio Certificación del Urbanismo Ecosistémico (2011) la sostenibilidad de los sistemas urbanos se mide a partir de su capacidad de carga<sup>15</sup>, es decir, que en la medida en que se erosiona esta capacidad de carga, expresada en oferta de servicios, dificulta si no imposibilita la sostenibilidad. Una ciudad sostenible no debe explotar recursos a un ritmo superior a su regeneración o sustitución. *En ningún momento puede nombrarse sostenible una ciudad que no sea capaz, recurriendo a sus propias infraestructuras y capacidad de carga, de satisfacer las necesidades de sus ciudadanos.* La sostenibilidad en el documento mencionado se construye a partir de la eficiencia de los sistemas urbanos, expresado en energía y consumo de recursos.

Se presenta una guía metodológica para evaluar la sostenibilidad de las actuaciones urbanísticas en España; tanto de las de transformación del medio urbano consolidado como de los nuevos desarrollos urbanísticos. Parte de los principios de cohesión social territorial, eficiencia energética y complejidad funcional, tiene como objetivo la elaboración de un procedimiento instrumental aplicado a desarrollos habitacionales con un umbral poblacional mayor a 50 mil habitantes.

Establece los requerimientos de información, los indicadores y los pasos para su cálculo, así como los valores que deben tomarse como referencia para establecer mediciones. Dentro de los indicadores que se plantean en la certificación del

---

<sup>15</sup> Límite de necesidades básicas de mantenimiento de las personas y organizaciones del sistema urbano.

urbanismo ecosistémico se encuentran: ocupación del suelo, habitabilidad urbana, espacios públicos, equipamientos y servicios básicos, biodiversidad, transporte alternativo, autosuficiencia energética, autosuficiencia hídrica, autosuficiencia de los materiales, adaptación y mitigación del cambio climático, gestión y gobernanza.

Por otro lado, en el documento Sistema Municipal de Indicadores de Sostenibilidad (2010) se presenta una clasificación de variables para la construcción de un sistema de indicadores de sostenibilidad mediante seis ámbitos:

1. Ocupación del suelo: Ocupación de los usos del suelo, densidad de población, compacidad urbana y zonas verdes por habitante.
2. Complejidad urbana: equilibrio entre actividad y residencia.
3. Movilidad sostenible: Distribución modal del transporte urbano, espacio viario para peatones, espacio viario para bicicletas y espacio viario para transporte público.
4. Metabolismo urbano: Consumo de agua urbano, depuración de aguas residuales urbanas, reutilización de las aguas residuales depuradas, consumo final de energía, producción local de energías renovables, generación de residuos sólidos urbanos, recogida selectiva neta de residuos, emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente, calidad del aire y confort acústico.
5. Cohesión social: envejecimiento de la población, población de nacionalidad extranjera, titulados superiores, población activa, autocontención laboral,

proximidad a servicios urbanos básicos<sup>16</sup>, satisfacción de los ciudadanos con la comunidad local y tasa de asociacionismo.

6. Aumento de la biodiversidad: superficie de paisaje recuperado, superficie agrícola y ganadería ecológica.

Con relación a los recursos urbanos, en el documento del Fondo de Población de Naciones Unidas (UNFPA) sobre ciudades sostenibles (Garrocho, et al., 2014), se definen las dimensiones desde las cuales las ciudades deben ser abordadas desde la concepción de sostenibilidad:

1. Económica (dinámica, especialización, empleo, competitividad)
2. Social (pobreza, desigualdad, servicios domiciliarios, acceso a tecnología, vivienda, seguridad)
3. Ambiental (agua, residuos, energía, transporte, densidad, cuentas ambientales)
4. Política (capital institucional, capacidades, marco legal, finanzas, planeación)
5. Inclusiva (movilidad, acceso a las oportunidades urbanas: empleo, abasto, recreación, servicios)
6. Poblacional (crecimiento, distribución espacial, migración, envejecimiento, arreglos familiares)

Para el caso mexicano, en “Hacia una cultura de las Ciudades Sostenibles”, Garrocho *et al* (2014) la sostenibilidad se construye a partir de seis dimensiones:

---

16 La accesibilidad a servicios básicos urbanos es esencial para asegurar la calidad de vida de los ciudadanos. Una distribución equilibrada de estos servicios (escuelas, centros de salud, centros deportivos, etc.) permite a la población identificarse con su medio ambiente urbano, aumentando la cohesión social y la interrelación entre la ciudad y sus habitantes.

1. Social (pobreza y desigualdad, salud y educación, agua, drenaje y electricidad, computadora, internet, teléfono celular, inseguridad, violencia, vivienda desocupada)
2. Económica (dinámica, especialización, empleo y competitividad)
3. Ambiental (población, actividades, escalas y tiempo, agua, energía, transporte, vivienda, residuos sólidos, cuentas ecológicas, ciudad compacta, gobiernos metropolitanos)
4. Política (capital institucional, marco legal, capacidad de gobierno locales: finanzas, planeación recaudación)
5. Demográfica (crecimiento, estructura por edades, envejecimiento, distribución territorial, segregación, arreglos familiares, migración)
6. Y la que engloba la movilidad, la inclusión y el acceso a las oportunidades urbanas (desigualdad de movilidad, movilidad por trabajo, movilidad cotidiana, migración intrametropolitana).

El reto que se plantea, para el caso de las ciudades mexicanas no es como frenar la urbanización, sino cómo aprovechar las oportunidades diversas que ofrece minimizando sus contingencias (BM, 2010), citado en Garrocho et al. (2014). De manera transversal establece dos ejes, a las seis dimensiones mencionadas, en primer lugar, el eje poblacional<sup>17</sup>, que incorpora la dinámica demográfica como

---

<sup>17</sup> En el Consenso de Montevideo se propone “Asegurar la plena integración de la población y su dinámica den la planificación del desarrollo sostenible, las políticas sectoriales y las políticas y programas públicos en general, en particular en los planes de desarrollo y ordenamiento territorial a escala nacional y subnacional, haciendo uso del conocimiento y la información sociodemográfica y aprovechando los avances tecnológicos” (CEPAL, 2013).

elemento clave para las ciudades sostenibles. En segundo lugar, el eje territorial<sup>18</sup> juega un rol central en todas las dimensiones del desarrollo sostenible: tiene influencia y es influido por el funcionamiento social, de manera que lo social y lo territorial se entrelazan formando el entorno socioterritorial. Como criterios de evaluación propone: 1) eficiencia (costo-beneficio), 2) Equidad (de acceso o de condiciones), 3) Efectividad, 4) Temporalidad y 5) Escalas territoriales.

A continuación, se realiza una descripción de las dimensiones de la sostenibilidad a partir de la teoría.

## **2.2 Los servicios urbanos e infraestructuras**

Polèse (1998) define como bienes públicos, las infraestructuras o servicios que difícilmente puede producir el sector privado. Las grandes infraestructuras, pueden mencionarse puertos marítimos, carreteras, agua, acueductos, aeropuertos, alcantarillado y redes de electrificación. En cuanto a los servicios, menciona la administración pública, la educación, la salud, la justicia y el orden público.

Por otro lado, Pírez (2013) define las infraestructuras como el conjunto de obras que soportan la configuración y funcionamiento de las ciudades, posibilitando el uso del espacio urbano. Se trata del conjunto de redes que conducen y distribuyen bienes y servicios fundamentales como agua, saneamiento, electricidad, comunicaciones, movilidades, entre otros.

---

<sup>18</sup> En el Consenso de Montevideo se propone: “Construir territorios más articulados, integrados y cohesionados, mediante el diseño y ejecución de planes, políticas e instrumentos de gestión territorial y urbana gestados de manera participativa, con una visión centrada en las personas, dentro del marco de los derechos humanos y con perspectiva de género y un enfoque de sostenibilidad y gestión del riesgo ambiental” (CEPAL, 2013).

Otra consideración sobre los servicios urbanos, es la que se basa en que la estructura interna de una metrópoli, es el producto de una mezcla de atributos y flujos, de los primeros sobresalen el lugar de residencia, la concentración del empleo, la infraestructura, el equipamiento, los espacios abiertos y las áreas no urbanizables (Sobrino, 2007).

A pesar de que la disponibilidad de servicios urbanos ha mejorado en el país en las últimas décadas, son evidentes rezagos en el suministro de los mismos. En las ciudades el acceso de la población a la infraestructura y los servicios, presenta desigualdades de acuerdo con la localización intraurbana de cada asentamiento (Moreno Pérez & Meixueiro Nájera, 2007). Dicho autor relaciona la transición demográfica del país con la demanda de suelo y servicios urbanos; en este sentido, sostiene que la transición demográfica que vive el país, impacta directamente el tipo y volumen de las necesidades habitacionales actuales y futuras.

El incremento de la población y su patrón de concentración produce importantes y crecientes necesidades en la generación de empleos, pero también de vivienda. Con relación al incremento en la demanda de vivienda urbana, se menciona que el 84 por ciento de su crecimiento se localizará dentro de las ciudades que conforman el Sistema Urbano Nacional, lo que implicarán nuevos desafíos en el suministro de los servicios básicos.

Por otro lado, para Moreno & Meixueiro (2007) pueden considerarse servicios urbanos: agua potable, saneamiento, electrificación, transporte urbano y los servicios

de limpia o de manejo de residuos. Al mismo tiempo, para suministrar dichos servicios, son necesarias redes de infraestructura, como la distribución de agua, la recolección de aguas residuales y la conducción de electricidad.

Para la presente investigación, el concepto de servicios urbanos incluye todos aquellos que la ciudad puede ofrecer por sí misma y que proveen a los habitantes, un modo de vida urbano. Se definen a partir de las dimensiones establecidas por el documento de la UNFPA (Garrocho, et al., 2014) sobre ciudades sostenibles. Dadas las limitantes en el acceso y generación de información de datos ambientales en nuestro país, la presente investigación se limita a considerar como servicios urbanos las variables descritas en dos de las dimensiones mencionadas:

1. La dimensión poblacional o demográfica: crecimiento, estructura por edades, dependencia demográfica, jefatura femenina, distribución territorial
2. La dimensión social: pobreza y desigualdad; salud y educación; agua, drenaje y electricidad; computadora, internet, teléfono celular, inseguridad violencia y vivienda desocupada.

### **2.3 Población, desarrollo y sostenibilidad urbana**

A continuación, se presentan elementos que describen la experiencia en materia de población en México. La siguiente línea de abordaje teórico, encuentra su justificación, en la revisión de documentos que establecen la estrecha relación existente entre la población y el desarrollo y su relación con su enfoque en la sostenibilidad de las ciudades; siguiendo con el enfoque de los estudios de

población. Este apartado proporciona una perspectiva de enfoque poblacional, integra los efectos de su crecimiento y concentración en las áreas urbanas con relación al desarrollo.

Se describe la historia económica a partir de los rasgos, que en la década de los ochenta dan a nuestro país, un crecimiento sostenido, un ritmo de urbanización acelerado y mejoras importantes en los indicadores de salud y educación. Posteriormente, dada la temporalidad del documento de Alba & Potter (1986), se describen las nuevas tendencias de la estructura poblacional como producto de la transición demográfica y sus implicaciones en la sostenibilidad de las ciudades.

El sistema económico postrevolucionario, dio lugar a procesos institucionales modernos; la economía mixta, la reforma agraria, el sindicalismo urbano y el nacionalismo dieron paso a una economía centralizada y con fuerza en el sector secundario.

En el contexto demográfico, se incrementa la población dos y media veces entre 1940 a 1970 debido a un alto índice de natalidad y una disminución de la mortalidad (20.2 a 50.7 millones de habitantes). Políticas como la agraria y la agrícola favorecieron el desarrollo de la agricultura empresarial especializando las regiones, mientras que el apoyo gubernamental al realizarse inversión pública en transportes, comunicaciones, energía eléctrica, petróleo, hierro y acero para las industrias.

El rápido crecimiento en el sector industrial favoreció las oportunidades de empleo en áreas urbanas, lo que permitió el “acomodo” de la población en las ciudades. Para Alba & Potter (1986) si el desarrollo del México rural había sido dual y heterogéneo, también lo fue el de las áreas urbanas y ambos fenómenos se encuentran íntimamente relacionados.

Relacionado con el incremento de la población en las ciudades, en “La situación demográfica de México” CONAPO (2003) se establece que, si bien la reducción del ritmo de crecimiento urbano, se inscribe en la tendencia de disminución del crecimiento demográfico del país en su conjunto, dos elementos lo caracterizan. El primero se refiere al enorme peso demográfico que han adquirido las ciudades, producto de la persistencia de tasas de crecimiento poblacional en las áreas urbanas muy superiores a la nacional. El segundo hecho tiene que ver con el patrón de distribución territorial de la población urbana, caracterizado por la elevada concentración de personas en un número reducido de ciudades.

A pesar de la percepción de que el aumento de la población no afectaría su desarrollo, ahora puede observarse la dificultad para abastecer de empleo a las cohortes de personas nacidas en los años sesenta y setenta. Alba & Potter (1986), señalan la importancia de la Ley General de Población de 1974 para la discusión sobre la interrelación de población y desarrollo; ya que los determinantes del cambio demográfico pueden no concordar con los supuestos de la formulación de la política demográfica, dadas las crisis observadas en el país.

Para los autores, la poca consideración de la sociedad mexicana por el aumento mencionado de la población tiene tres principales razones: en primer lugar, la existencia de una política poblacional pronatalista arraigada, producto de la necesidad de contrarrestar el expansionismo norteamericano; y de la pérdida de población durante el periodo revolucionario. En segundo lugar, existía cierta confianza en que la sociedad y la economía mexicana, en plena etapa del “milagro mexicano” estaban haciendo frente al fenómeno demográfico en forma adecuada. Finalmente, el incremento en la fecundidad y la disminución de la mortalidad, pudieron observarse hasta que estaban consumados.

Al respecto del último punto, Alba y Potter (1986) dan una explicación al comportamiento anómalo de la población mexicana, con relación a la transición demográfica. Primero, las iniciativas políticas no dieron origen a transformaciones sociales ni económicas, en cambio recrearon las condiciones en las que una alta fecundidad no planteaba un serio problema para las familias. Además, los subsidios gubernamentales a los alimentos, transporte y servicios básicos urbanos (agua, drenaje, electricidad y acceso a la salud pública) incentivaron la fecundidad al disminuir el costo de los hijos.

El argumento a través del cual, los autores pretenden explicar por qué el aparente desarrollo económico en México, no lo encausó hacia la transición demográfica, es que, a pesar del crecimiento observado hasta antes de 1970, no se dieron las condiciones sociales que permitieran la transformación social de los patrones demográficos en la población.

Para 1970 ya existía una conciencia de que los recursos obtenidos del fenómeno petrolero serían consumidos por el crecimiento rápido de la población, Urquidi (citado en Alba y Potter (1986)) en 1970 ya había proporcionado algunos argumentos al respecto. El ruido propiciado por foros internacionales favoreció la planificación familiar, para 1973 la Ley General de Población fue reformada y se creó el Consejo Nacional de Población.

El cambio de la conducta de reproducción de la población, se logró por medio de campañas publicitarias en los medios masivos de comunicación y cambios en los contenidos de los materiales escolares. La causa principal de la disminución de la fecundidad fue el uso de anticonceptivos, aunado a la red de información, educación y actividades que publicitaron los beneficios del control natal y promovieron la imagen de la familia pequeña. Otro aspecto que favoreció este cambio de conducta, fue la movilización de los trabajadores de salud para aconsejar y persuadir a los pacientes de la práctica del control natal.

A pesar del cambio observado en la fecundidad en México, Alba & Potter plantean la necesidad de reacomodar a la población producto de las tendencias poblacionales anteriores, el empleo, los servicios, en general, la economía mexicana tiene ante sí un gran reto.

Ordorica & Prud'homme (2012, p. 40) con relación al binomio población y desarrollo menciona en el libro "Los grandes problemas de México": *"hasta la fecha podemos afirmar que la política de población fue exitosa con respecto a la reducción*

*de la tasa de natalidad, pero no hemos sido capaces de tener una distribución de la población más equitativa en el territorio nacional*". Menciona la importancia de incrementar los esfuerzos para intensificar la salud reproductiva, sobre todo en las zonas marginadas y áreas rurales que muestran un descenso más lento de la natalidad y una mortalidad elevada. Remarca la importancia de que los servicios de salud y planificación familiar sean extendidos y fortalecidos, visto como un derecho fundamental en el cual las personas puedan ejercer su poder de decisión sobre su procreación.

Si bien en el documento de Alba y Potter (1986) brinda una panorámica sobre los inicios de esta legislación, en el artículo de Ordorica & Prud'homme (2012) se recalca su existencia y continuidad para el logro del desarrollo. Al disminuir los niveles de fecundidad podemos señalar, como sostenía Gustavo Cabrera, que *"la población ya le cumplió al desarrollo, pero ahora hace falta que el desarrollo le cumpla a la población"* (Ordorica & Prud'homme, 2012, p. 49).

Siguiendo con el enfoque de la legislación en materia de población, CEPAL (2005) define la importancia de la integración de los factores de población en las políticas y programas de desarrollo. Por vías diversas, las leyes de población promueven o desincentivan comportamientos y/o tendencias demográficas e incorporan variables de población en la toma de decisiones. Sin embargo, se plantean nuevos escenarios, por mencionar un ejemplo, los programas de planificación familiar mencionados no integraron a la población adolescente.

De más está señalar, que dos de los asuntos más polémicos y debatidos actualmente son el envejecimiento y la migración internacional; el primero, resultado inevitable de la transición demográfica, y el segundo, producto de una globalización basada en asimetrías.

Dada la temporalidad del documento de Alba & Potter (1986), no se consideraron las tendencias que seguiría la población en años posteriores, por lo que de manera breve se definen los enfoques de dos autores al respecto. En primer lugar, con relación a las nuevas tendencias en la estructura de la población y producto de la transición demográfica, Partida (2004) sitúa a México dentro de las naciones en vías de desarrollo con procesos de cambio hacia la disminución de la mortalidad.

Tal disminución, como resultado de la profusa expansión y cobertura de los servicios de salud; y reitera los efectos de la política pronatalista que pretendía abastecer de mano de obra para el México industrializado del siglo XX. Las consecuencias, según Partida (2004) son evidentes hoy, pero lo serán más en años futuros, cuando el proceso de envejecimiento se agudice, dada tal disminución de la mortalidad.

Los años de esperanza de vida se han incrementado de 74 años en 2000 a 76.6 en 2010 y se estima que alcanzará los 81.3 años para el 2050 (Partida Bush, 2004). Para Villa y Rivadeneira en (CEPAL, 2000), el envejecimiento de la población trae consigo cambios, los efectos sobre el consumo, el ahorro, la inversión, la

distribución del ingreso, la flexibilidad de la mano de obra, la oferta de servicios de variada índole, las relaciones intergeneracionales, la equidad social y de género y la gestión económica y sociopolítica, en general, configuran desafíos de gran envergadura en lo que respecta a la estructura, las funciones y el desarrollo de las sociedades. Razón por la cual, los autores plantean la importancia de la exploración de las tendencias y antecedentes del envejecimiento poblacional, con la idea de integrar este en el proceso de desarrollo.

## **2.4 Sostenibilidad y condiciones de la vivienda**

La dinámica de urbanización se ha manifestado en diferentes niveles de acuerdo con la región del país, las disparidades se han acentuado de acuerdo con el ritmo de urbanización y han incrementado la distancia entre ellas (Unikel, 1976). En este contexto, aquellas ciudades que pertenecen a las regiones más urbanizadas, cuentan con mejores condiciones de vida, ya que tienen mayor acceso a servicios urbanos. Para Hernández (2006) la vivienda y la configuración del hábitat, son el reflejo de la calidad de vida de sus habitantes.

El concepto de vivienda va más allá de solo cumplir con la función de encontrarse cubierto con un techo; significa la disposición del espacio propio para realizar actividades cotidianas; estable y duradero, que cuente con calefacción, iluminación, e infraestructura básica que incluya el acceso a servicios de saneamiento y agua potable; con una localización que permita desplazarse al trabajo y a los servicios básicos de forma asequible: ONU (1996) lo denomina “vivienda adecuada” y promueve la sostenibilidad de los asentamientos humanos, en el que

los habitantes también dispongan además de una vivienda, un entorno salubre y seguro, acceso a servicios básicos y empleo productivo.

Para Chardon y Hurtado (2012) citado en (Orozco Gómez & Guzmán López, 2015) la vivienda constituye el hábitat<sup>19</sup>, y trasciende al concepto de vivienda-dormitorio, que la convierte en el sostén para el desarrollo integral de los seres humanos, a través de las interacciones entre los componentes físicos y sociales.

Una edificación sostenible, de acuerdo con SEDATU\_CONAVI (2017), debe encontrar un equilibrio entre los elementos del medio ambiente construido durante su ciclo de vida, sin descuidar su funcionalidad y diseño, conforme a las recomendaciones aplicables de orientación y localización.

En el contexto de las ciudades latinoamericanas, la existencia de pobreza se ve reflejada en las condiciones de vivienda en los sectores con menores recursos. La vivienda informal y popular manifiestan la expresión más visible de la pobreza urbana, que se caracteriza según Prieto (2007), por dificultades de acceso a tenencia de terreno, el medio construido deteriorado, inseguridad, vulnerabilidad, saturación y deficiencia en el abastecimiento de servicios básicos y de saneamiento.

Otra característica es la autoproducción de vivienda, en la que la gestión de la construcción de la vivienda, así como su ubicación, se encuentran a cargo del usuario, mediante procesos de autoconstrucción (Ley de Vivienda (Citado en CEV (SEDATU-CONAVI, 2017)). Un gran sector poblacional principalmente asentado en

---

<sup>19</sup> En el concepto de hábitat se incluye la vivienda digna, el urbanismo incluyente y un ambiente saludable  
**Fuente especificada no válida.**

las periferias urbanas, auto produce su vivienda, por lo general sin considerar los lineamientos de construcción ni las normas locales; la vivienda producida de esa forma, resulta en una estructura precaria e insuficiente que no cumple con la función de satisfacción de necesidades básicas de sus habitantes (Schteingart & Solís, 1995).

La medición de las condiciones de pobreza en las ciudades relacionada con la sostenibilidad, con la limitación en el acceso a oportunidades y recursos que permitan a los individuos salir de la pobreza; acceso restringido a la propiedad de la tierra, oportunidades laborales, políticas y sociales; bajo nivel educativo, deterioro en la salud y bajo control de los recursos naturales. La pobreza se relaciona en las ciudades con la privación de activos y oportunidades esenciales a los que tienen derecho todos los seres humanos (Arriagada Luco, 2003).

Una aproximación para la medición de la pobreza es el análisis de las Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI). El método se ha empleado en América Latina para realizar mapas de pobreza a partir de información censal, se basa en variables como la calidad de la vivienda, acceso a servicios básicos y de saneamiento, educación, ocupación del jefe del hogar, entre otras.

El método permite describir condiciones de precariedad y bajos ingresos, y ha sido empleado ampliamente como base para la elaboración de políticas públicas, sin embargo, es necesario considerar algunas otras variables para enriquecer la medición de acuerdo con la hipótesis que desee comprobarse.

Hábitat como concepto, ha sido estudiado a partir de trabajos elaborados por las Naciones Unidas, dichos trabajos relacionados con los asentamientos humanos y las problemáticas relacionadas con las malas condiciones de la vivienda. Se han convocado conferencias en las que se establecieron dos objetivos en los que se encaminan las acciones: en primer lugar, vivienda adecuada para todos; en segundo lugar, asentamientos sostenibles en el contexto de urbanización, considerando la erradicación de la pobreza para la sostenibilidad de los asentamientos humanos (ONU, 1996).

El hábitat y la vivienda precarios limitan el crecimiento de sus habitantes, afectan su identidad y afectan su desarrollo físico y social. Una vivienda precaria tiene efectos adversos que acentúan la condición de vulnerabilidad y pobreza. Por lo anterior, en el medio ambiente, como en la vivienda; es importante sin dejar a un lado la dimensión social, considerar: el acceso a infraestructura básica como agua potable, electricidad, drenaje y alcantarillado; y el acceso a equipamientos sociales de salud, educación, cultura, seguridad, sistemas de transporte y comunicación (bienes y servicios) (Prieto, 2007).

## **2.5 Transición demográfica y sostenibilidad**

Es importante profundizar en este concepto, ya que tiene incidencia en el desarrollo de la investigación de manera directa; debido a que deben estudiarse las tendencias de crecimiento poblacional y posteriormente, analizar su impacto en las ciudades. Una vez acotado el fenómeno poblacional, se deberá contrastar con la oferta de servicios urbanos de manera que sea posible medir, desde las dimensiones

mencionadas, la sostenibilidad de dichas ciudades. Se comienza por una definición general, para después dar un panorama de dicho fenómeno poblacional y su contexto en Latinoamérica y en México.

El termino trató de formular una explicación general para los países europeos, principalmente Francia e Inglaterra, ya que estos países y posteriormente el resto de Europa lograron un desarrollo socioeconómico y este a su vez influyo en la población, como se explica más adelante. La modernización e industrialización provocaron cambios en la conducta reproductiva de las familias.

Se dice que una sociedad tradicional se encuentra inmersa en un periodo de transición demográfica de acuerdo con Colae (1977) cuando existen variaciones en la fecundidad y la mortalidad, estos cambios son consecuencia del proceso de transformación hacia sociedades industrializadas. Siguiendo con la explicación anterior y en palabras de Norestein, (citado en Colae (1977)), los cambios mencionados en las tasas de fecundidad se vieron reducidas por la desaparición de patrones sociales como la inserción de las mujeres a la vida laboral y la planeación del tamaño de la familia.

Como ya se ha mencionado, la vida de las ciudades tuvo importante influencia en la transición, los empleos en las nuevas industrias disminuyeron el interés por continuar con la vida familiar y el de tener hijos que imperaba en las familias, pero principalmente dieron a las mujeres la opción de participar económicamente en el ingreso familiar.

Las ciudades industriales se convirtieron en centros nodales para la migración de campesinos en la búsqueda de trabajo y generaron modelos urbanos en los cuales se encontraban los empleos y los centros de comercio, administración y servicios. La ciudad se convirtió en el símbolo externo más llamativo del mundo industrial.

La tendencia en la prolongación en la edad a la unión marital y la disminución en la procreación, marcaron la tendencia que se siguió de las zonas urbanas hasta las rurales. Al respecto se habla de un comportamiento racional en materia reproductiva, con el objetivo de disminuir la presión que ejercía la población en la explotación de los recursos. Como sostenía Malthus, los recursos crecían a un ritmo menor al de la población, por lo que al agotarse estos no serían suficientes para alimentar a la población que existiría producto de una fecundidad natural<sup>20</sup>.

Los avances tecnológicos por otro lado, dieron pie a un incremento poblacional debido a la disminución de la mortalidad, el cuidado de la salud fue el eje rector de esta disminución, la población incrementó, sin embargo, al seguir con la tendencia de disminución de la fecundidad, al mediano plazo la población joven tiende a disminuir y la población mayor a incrementarse. Cabe mencionar que el proceso de transición también se divide en etapas, Arango (1980) los califica como estadios o etapas por las cuales una sociedad debe atravesar para considerarse en transición demográfica.

---

<sup>20</sup> Propuesto por Louis Henry en 1953 refiriéndose a la fecundidad que tendría una población que no realiza ningún esfuerzo consciente por limitar los nacimientos

## **2.6 Transición demográfica en Latinoamérica**

Latinoamérica vive un rezago importante en materia de desarrollo. Los cambios en los componentes demográficos derivados de la transición demográfica se basan en elementos sociales y culturales. Si bien, de acuerdo con la introducción sobre la transición demográfica los países latinoamericanos parecen presentar el mismo modelo de los países europeos, estos cambios se han dado de manera muy rápida y con motivos inducidos.

El descenso de la fecundidad se encuentra relacionado con el incremento en los niveles de educación, ocupacionales y de participación de las mujeres, como ocurrió en Europa. Sin embargo, para el caso de Latinoamérica y de acuerdo con Arriagada (2004), las estructuras familiares han sido modificadas de manera específica. En primer lugar, la disminución de la fecundidad se dio de manera general para la región, pero de manera diferente en cada país, pueden observarse extremos en los cuales las tasas de fecundidad originales son muy altas y no pueden compararse con el resto. Los efectos de las zonas geográficas, sector socioeconómico y nivel de educación tan dispar entre naciones, tienen efectos diferentes en la disminución del tamaño de las familias de acuerdo con el país que se revise.

En segundo lugar, Arriagada (2004) sostiene que una disminución de la fecundidad asegura una mejor calidad de vida de los hijos. Como lo mencionan Lee & Reher (2011) un menor número de hijos asegura que vivan más tiempo se evita el

desperdicio de recursos en su manutención y crianza, así como el uso más eficiente del tiempo de las mujeres (laboral y de educación). La jefatura femenina, el descenso de los hogares compuestos y las migraciones de algún miembro del hogar por causas económicas, violencia o conflictos han sido factores que favorecen la disminución en el tamaño de las familias.

Arriagada (2004) concluye que si bien, las mujeres han mostrado un avance en materia de derechos políticos y civiles, no se han alcanzado totalmente los derechos económicos de igualdad de ingresos, sociales y culturales; tampoco la equilibrada distribución de las actividades del hogar. A pesar de lo anterior, puede decirse que el hecho de optar por la maternidad y la independencia económica, puede considerarse un gran cambio que tiene implicaciones posteriores en la sociedad.

Para países como Argentina (Recchini de Lattes, 2000), Chile y Uruguay, se percibe que en sectores con niveles de educación e ingreso altos, se siguen patrones de conducta sexual, nupcial y reproductiva comparables con los países desarrollados. Puede observarse un incremento en los divorcios, uniones consensuales y una extensión de la edad a la unión de hasta 3 años. ¿Puede hablarse de una segunda transición demográfica? creo que no, ya que el hecho de que se disminuya el número de hijos, por ejemplo, podría no constituir un acto de conciencia de la relación que existe entre la disminución de la fecundidad con el desarrollo económico observado en Europa; sino más bien una elección de supervivencia (Schkolnik & Chackiel, 1998). Los países latinoamericanos no tienen

niveles de ingreso suficientes para criar más hijos de los que su economía les permite.

Para el caso de Cuba, Fraga (2006) lo describe como un caso inédito en el contexto de los países en desarrollo, ya que desde la década de los sesenta, ha sostenido una disminución de la fecundidad basada en transformaciones de orden educativo, salud reproductiva, asistencia social y principalmente en la condición de la mujer. Sin olvidar el papel importante que jugaron los anticonceptivos y su uso.

Para algunos investigadores, puede hablarse en este caso de una segunda transición demográfica en la que se destacan la disminución de los niveles de embarazos por debajo del nivel de remplazo, pero un notable incremento en la interrupción de los embarazos, un saldo migratorio elevado y una tendencia al envejecimiento poblacional. Fraga (*ibídem*) pronostica que casi uno de cada cuatro cubanos tendrá 60 y más años de edad para el 2025.

Los efectos de este envejecimiento de la población se encuentran vinculados con cambios en la estructura social, y específicamente con los cuadros de salud de la población. El incremento de población envejecida debe considerar asegurar para ellos el acceso a la salud, la seguridad social y fondos de retiro, entre otras.

## **2.7 Transición demográfica en México**

Para el caso de México, como para el resto de Latinoamérica, el proceso de transición demográfica ha sido más rápido que en las regiones desarrolladas. La disminución de la mortalidad ha sido consecuencia de la introducción de tecnologías

en el país provenientes de las naciones desarrolladas. La disminución en la mortalidad favoreció el fenómeno de explosión demográfica observado hasta la década de los setentas.

Para Partida (2004) México ha seguido el patrón típico del proceso de transición demográfica. Comienza con la primera etapa luego de la Revolución Mexicana (1910-1921), la segunda fase se ubica en 1970 con la disminución de la fecundidad y la tercera etapa ocurrirá en la primera mitad del presente siglo; en esta última, los niveles de natalidad y mortalidad convergen para dar pie al proceso de envejecimiento poblacional mencionado.

Las proyecciones demográficas apuntan al crecimiento de la población de la tercera edad al cuadruplicarse de 6.7 millones en 2000, a 36.5 millones para el 2050 (véase Partida, 2004). Otro elemento importante para el presente trabajo, es el comportamiento migratorio de la población hacia Estados Unidos, ya que en el documento de Partida se suponen movimientos constantes de ida y retorno comparados con los que se dan actualmente. Como comentario final y retomando las palabras de Colae (1977, p. 21), para el caso de países en desarrollo como nuestro país:

*“un programa de planificación familiar operando en muchas clínicas y ofreciendo lo último en píldoras, en inyecciones y dispositivos intrauterinos es inútil sin un cambio económico y social profundo”*

Así mismo, si las proyecciones no fallan y la tendencia al envejecimiento poblacional es inevitable, queda en manos de los gobiernos asegurar que las cifras obtenidas por los estudios realizados al respecto, sean empleadas para planear la cantidad incipiente de adultos mayores y asegurar para ellos una vejez en condiciones de bienestar.

Es prudente en este punto preguntarse, cuáles son los efectos en la población y en el suministro de servicios urbanos para los cambios que marca la tendencia de la transición demográfica en México, pero principalmente en las ciudades.

De acuerdo con Partida (2004) las fases de la transición demográfica han quedado impresas en la estructura por edad de la población. Se identifican sectores específicos que deben ser atendidos de manera prioritaria de acuerdo con el Consenso de Montevideo sobre Población y Desarrollo (CEPAL, 2013) con la intención de integrar su dinámica en el desarrollo sostenible: Niñas, niños, adolescentes y jóvenes; mujeres, adultos mayores; migrantes y afrodescendientes.

El envejecimiento de la población mexicana involucra uno de estos grupos. Este es un proceso que se ha iniciado desde hace ya algunos años; la contracción de la pirámide será cada vez más notoria y el número de adultos mayores del país llegará a 36.5 millones en 2050, de acuerdo a las proyecciones de población estimadas (Partida Bush, 2004). Este fenómeno poblacional tendrá implicaciones futuras en los estilos de vida, las relaciones humanas, pautas de consumo, la inversión, el ahorro y las demandas sectoriales.

Dichos cambios también demandarán el suministro de infraestructuras y equipamientos especializados en la prestación de servicios de salud, eso sin considerar el papel de las mujeres en el envejecimiento; todas estas implicaciones también impactarán la planeación de las ciudades para ofrecer dichas infraestructuras y adecuaciones urbanas para su uso para poblaciones cada vez más envejecidas. Al respecto, se incorpora la discusión de la ciudad compacta, sin embargo, queda pendiente para siguientes apartados.

Con relación a los niños, jóvenes y adolescentes; destacan los cuidados prenatales de las madres y los embarazos adolescentes. En este sentido, cabe mencionar que la falta de espacios para la convivencia, la educación permanente, el ocio recreativo, la salud mental y la seguridad ciudadana; genera la eliminación de cohesión social y el desarraigo en los jóvenes. Las consecuencias se ven reflejadas no sólo en los embarazos prematuros, sino en los elevados índices de violencia contra niñas, adolescentes y mujeres; exclusión social, pobreza y consumo de drogas (CEPAL, 2013). El documento sobre ciudades sostenibles de la UNFPA, Garrocho et al. (2014), dentro de las dimensiones que deben considerarse para el logro de la sostenibilidad urbana, se encuentra la inclusividad, es decir, con acceso a las oportunidades urbanas, en este caso recreación y servicios ya mencionados.

Sobre la distribución territorial de la población y el desarrollo sostenible de las ciudades, se plantea la construcción de sociedades equitativas, sin exclusión social mediante el desarrollo de políticas públicas dirigidas a reducir las brechas entre la calidad de vida y el ejercicio de sus derechos. Específicamente políticas de

movilidad, asentamiento de la población y la mitigación de desastres naturales (CEPAL, 2013).

En la búsqueda de un análisis que muestre conceptos innovadores y en la idea de mostrar una perspectiva diferente sobre la sostenibilidad urbana, para la dimensión poblacional a considerar en el presente trabajo de investigación; se ha incorporado el término vulnerabilidad sociodemográfica. El término se emplea en la línea de investigación de Población y Ambiente e involucra trabajos de investigación basados en las implicaciones o riesgos socialmente construidos que una población puede encontrarse expuesta en un ambiente.

## **2.8 Vulnerabilidad, antecedentes en los estudios de población**

Dentro de la discusión sobre la población y el medio ambiente, Hogan (2007) plantea la relación entre las personas y los recursos como punto de partida de los estudios de población. Sin la existencia de la distribución de la población y el acceso a los recursos, gran parte del marco teórico de disciplinas como la economía, la antropología, la historia, la sociología y la ciencia política, desaparecerían.

Para Adamo (2015), el campo de los estudios de población y ambiente trabaja con las interacciones entre procesos demográficos y ambientales. Abarca problemáticas tales como: crecimiento y distribución de la población, estilos de desarrollo, exposición a la contaminación, cambios en el uso de suelo, salud y epidemiología y últimamente, se han incorporado cuestiones de seguridad, conflictos y desplazamientos internos de la población.

De manera general, se plantean dos cuestionamientos básicos y contrapuestos entre sí. El papel del incremento poblacional en el medio ambiente y cuál es el impacto de los cambios ambientales sobre la población y sus procesos demográficos.

Dada la complejidad de las relaciones existentes entre la población y ambiente, la discusión conceptual está representada por Thomas Malthus y Ester Boserup. Malthus, en 1826, plantea una teoría basada en la capacidad del ambiente para proveer alimentos a la población. La clave del bienestar se encuentra en la razón entre la población y los rendimientos de la agricultura; el crecimiento de la primera pone en peligro el bienestar. Como solución, plantea controles de la fecundidad tales como la edad al matrimonio, proporción de mujeres que entran en unión, infanticidio, emigración, entre otros.

Sin embargo, en dicha teoría no se tiene en cuenta la innovación tecnológica que surgiría en respuesta a la escasez.

Para modelar la relación existente entre población y ambiente, se mencionan cuatro aproximaciones teóricas según Adamo (2015): en primer lugar, las aproximaciones lineales, que enfatizan las relaciones lineales recíprocas, lineales, causales y determinísticas (Malthus y Boserup). En segundo lugar, las aproximaciones multiplicativas, en las cuales el postulado básico es que la población interactúa en forma multiplicativa con otros factores para afectar o impactar el ambiente.

En tercer lugar, las aproximaciones mediáticas, en las cuales se da énfasis en los contextos<sup>21</sup> en los cuales se da la relación entre población y ambiente. Los factores mediadores conectan o articulan estructuras y dinámicas poblacionales con sus contrapartes ambientales.

Otra perspectiva es la de medios de vida sustentables, la cual considera el hogar como la unidad de análisis fundamental y examina como el acceso a diferentes activos o recursos puede ser convertido en estrategias de vida, dentro de contextos de vulnerabilidad y marcos institucionales específicos (Cunha, et al., 2006).

En la actualidad se pueden mencionar tres cuestiones que se han convertido en los principales temas de investigación relacionados con población y ambiente según Souza (2009): 1) Población, ambiente y desarrollo sustentable, 2) Cambio climático, vulnerabilidad, adaptación y resiliencia; y 3) Dinámica demográfica y medio ambiente.

### **2.8.1 Población, ambiente y desarrollo sustentable.**

Se involucran temáticas como la educación y la salud, y como contribuyen al desarrollo sustentable. Por otro lado, la transición a una sociedad cada vez más urbana podría contribuir a minimizar riesgos, peligros, vulnerabilidad y degradación ambiental. Los temas son muy diversos, sin embargo, tienen un hilo conductor: “/a

---

<sup>21</sup> Se incluyen los factores sociales, culturales, institucionales, políticos, económicos, científicos, entre otros.

*interacción de la dinámica demográfica con los procesos de desarrollo, la cual a su vez influye en los cambios ambientales”.*

Marandola y Hogan (2009) consideran de importancia considerar la dimensión espacial de la problemática población y ambiente. Proponen estrategias de investigación basadas en la vulnerabilidad de los lugares. En los siguientes apartados, se detallan los temas relacionados con la relación población-ambiente.

### **2.8.2 Dinámica demográfica y medio ambiente.**

La dinámica demográfica permite entender los cambios en la relación población y ambiente. Los cambios en la distribución espacial de la población están relacionados con una creciente movilidad espacial y el proceso de transición urbana.

Pero, ¿por qué incorporar la sostenibilidad al tema de población y ambiente? Al respecto Souza (2009) sostiene que el estudio de la realidad actual del mundo, debe considerar que esta se encuentra impregnada por la tecnología, la ciencia y la información, no es posible estudiar dicha realidad con visiones antiguas. Es necesario comprender que el problema esencial en los estudios ambientales no es el ambiente en sí mismo; lo que debe estudiarse, son las afectaciones en él, derivadas de las interacciones humanas.

Por lo anterior, es necesario profundizar en los temas de medio ambiente y desarrollo sostenible de manera que se mejore el marco teórico y conceptual existente. La incorporación al campo de investigación de los estudios de población de temas actuales como los mencionados, justifica la existencia del presente trabajo.

En suma, la incorporación de variables sociodemográficas en el contexto del desarrollo sostenible, tiene que ver con la existencia de los riesgos que la población puede correr dado el ritmo de crecimiento existente principalmente en el ámbito urbano. El planteamiento teórico se basa en la incorporación de la variable *vulnerabilidad*, que según Cunha (2006), se asocia a la idea de riesgos o peligros que en condiciones de pobreza, desigualdad de género, cambios en las estructuras familiares, arreglos familiares o en la dimensión ambiental; afectan a las poblaciones. Así mismo, desde el punto de vista demográfico, Rodríguez (2001), sostiene que ciertos comportamientos o características pueden generar riesgos, e inferir en las condiciones de vulnerabilidad.

Estos riesgos siempre estarán presentes: desempleo, subempleo, degradación ambiental, son algunos ejemplos. Estos se consideran a una escala global, sin embargo, afectan a una escala local, es decir, a los individuos (Beck, 1986).

Una vez incorporado el concepto de vulnerabilidad en la discusión, cabe hacer algunas definiciones. Moser (1998) hace una distinción entre la vulnerabilidad y la pobreza, que comúnmente son empleados enunciando el mismo concepto. La pobreza se mide en un periodo de tiempo fijo, la pobreza es un concepto estático. Por el contrario, la vulnerabilidad es un concepto dinámico, ya que permite capturar los procesos de cambio en los cuales las personas “entran y salen” de la pobreza.

Por otro lado, en los estudios urbanos se define la vulnerabilidad como *“la inseguridad y sensibilidad en el bienestar de los individuos, hogares y comunidades ante los cambios en el medio ambiente; e implícito en esto, su sensibilidad y resiliencia ante los riesgos que ellos enfrentan durante cada cambio negativo”* (Moser, 1998).

En este contexto, a pesar de que los pobres urbanos que pueden verse beneficiados de los servicios que provee el sector público; elementos como viviendas de mala calidad, suministro de agua, saneamiento, son todos riesgos ambientales que generan un impacto sobre su capital humano.

Las tendencias y sucesos de la sociedad moderna permiten afirmar que, a escala global, todos podemos ser vulnerables: *“la miseria es jerárquica, el smog es democrático”* (Beck, 1986). De acuerdo con Hogan (2007), los mercados, las instituciones, las ciudades, las poblaciones, grupos demográficos específicos, géneros, etnias, lugares, regiones, naciones:

*“Aunque los pobres son usualmente los más vulnerables, no todas las personas vulnerables son pobres”* Moser (1998, p. 3).

Para este trabajo, la vulnerabilidad de la población se refiere a la exposición a los riesgos e incapacidad de adaptación en el territorio seleccionado (Zona Metropolitana de Pachuca).

Dado que el análisis de vulnerabilidad se refiere a la incapacidad de enfrentamiento de riesgos específicos, es pertinente plantear la pregunta ¿vulnerabilidad a qué? Hogan & Marandola (2006) sostienen que en todos los procesos poblacionales existe un componente social, explicado por la existencia de desigualdades provenientes del modelo de sociedad capitalista actual. Conceptos como marginalidad, dependencia, exclusión y segregación, son ampliamente discutidos por los investigadores en la búsqueda de explicar la realidad que envuelve la pobreza contemporánea. Derivado de lo anterior, surge el concepto de vulnerabilidad sociodemográfica, que se aplica a los segmentos de la población que se encuentran en una baja jerarquía socioeconómica, enfrentan desventajas sociales, en términos de activos (Rodríguez Vignoli, 2000).

Las condiciones de vida precaria, necesidades básicas insatisfechas, ingresos insuficientes, son factores de desventaja social, ya que los pobres se ven limitados en el acceso a la educación y a tecnologías de la información que los convierten en vulnerables a riesgos por anquilosamiento y por desprotección ante las condiciones ambientales.

## **2.9 Sostenibilidad y vulnerabilidad sociodemográfica en las ciudades**

Uno de los retos para la demografía luego de la Cumbre de Rio va más allá del crecimiento poblacional, el problema real es la confrontación del hecho de que el problema es la cantidad de recursos disponibles para esa población.

A pesar de que las tasas de crecimiento poblacional y urbano han descendido, han estado acompañadas por cambios sustanciales en las estructuras familiares; fenómenos como el envejecimiento, la reducción del tamaño de la familia y las nuevas formas de matrimonio han llevado a los demógrafos a ampliar su campo de acción respecto a las relaciones entre población y medio ambiente (Leff, et al., 2002). La identificación de poblaciones en situaciones de riesgo o fragilidad es una manera de analizar las consecuencias socio-ambientales de los movimientos poblacionales.

La inserción del término vulnerabilidad se justifica a partir de la perspectiva de poblaciones en riesgo; de enfrentarse a situaciones que los convierten en vulnerables. El contexto en el que se desarrolla dicha población es el urbano, es la población de las ciudades y el análisis se desagrega por vivienda, ya que esta es la unidad que permite medir los efectos de la concentración poblacional en el territorio y como dichos efectos ocasionan el desequilibrio en el abastecimiento de recursos.

De acuerdo con Orozco & Guzmán (2015) la vivienda es un elemento constituyente del hábitat, este se relaciona con el derecho a la vivienda digna, por lo que un hábitat sostenible se desenvuelve mediante las interacciones entre el medio biofísico, y el medio construido con las redes sociales que lo transversalizan.

El término vulnerabilidad, ayuda a enlazar rasgos del ambiente natural y construido con el social. Siguiendo la lógica de Hogan (2002), esta investigación se acota a la vulnerabilidad de grupos sociales, en este caso la población urbana de los municipios centrales de la Zona Metropolitana de Pachuca. Dicha delimitación

urbana, conduce a analizar el impacto en la población de problemas como el acceso al agua potable, drenaje, la disposición de los desechos, las condiciones de las calles, la susceptibilidad a las condiciones climáticas entre otros.

La vulnerabilidad puede definirse como un estado de elevada exposición a determinados riesgos e incertidumbre, combinado con una capacidad disminuida para protegerse o defenderse de ellos y hacer frente a consecuencias negativas (Naciones Unidas, 2003).

Para Marandola & Hogan (2007) la vulnerabilidad es la capacidad o incapacidad de respuesta que un individuo o grupo social ofrece para responder a un peligro, dadas las condiciones sociales, económicas, geográficas que poseen.

Según Rodríguez (2000), la vulnerabilidad demográfica corresponde a un conjunto de características demográficas de las unidades domésticas que, en una sociedad moderna, limitan la acumulación de recurso.

La segmentación social descansa en una distribución desigual de los recursos existentes para el desempeño social de los individuos, por lo que entraña la distinción entre grupos con grados diferentes de tenencia, acceso y capacidad de gestión y reproducción de activos.

Se postulan dos consecuencias del planteamiento anterior: en primer lugar, existe un desaprovechamiento de capacidades para el sistema socioeconómico y una frustración para los individuos y las familias. En segundo lugar, los sujetos que cuentan con activos escasos, tenderán a traspasar activos escasos a sus hijos.

En suma, la segmentación económica implica que ciertos segmentos de la población tienen desventajas sociales, estas pueden ser definidas como aquellas condiciones sociales que afectan negativamente el desempeño de comunidades, hogares y personas.

Al respecto Hogan (2002) reafirma esta postura: la distribución desigual de los servicios urbanos es un componente de la vulnerabilidad socio ambiental, la falta de acceso a bienes de consumo va acompañada de la falta de acceso a los servicios públicos, agravada por las condiciones de vida de esas poblaciones vulnerables.

La desventaja social aflige a grupos que no cuentan con estructuras institucionales aptas para resolver los asuntos propios de la vida en comunidad o para enfrentar los desafíos de la vida moderna. La condición de vulnerabilidad derivada de las desventajas sociales, puede expresarse claramente como sigue: *“Los individuos nacidos en unidades domésticas frágiles, inestables y poco estimulantes experimentan una evidente desventaja que puede catalogarse como social si los anteriores rasgos se verifican entre las unidades domésticas de determinados segmentos sociales”* (Cherlin, 1999; Bumpass, 1990) citado en (Rodríguez Vignoli, 2000).

La noción de vulnerabilidad permite acercamientos más dinámicos, bajo los cuales resulta factible anticipar riesgos de daños o de anquilosamiento, así como potencialidades de reforzamiento o adaptación. La vulnerabilidad se vincula con la capacidad de respuesta y de ajuste frente a las condiciones cambiantes del medio (en particular aquellas que resultan adversas) y sus desafíos permanentes:

*“las unidades domésticas y las personas con poco capital humano, con escasos activos productivos, con carencias en el plano de información y de las habilidades sociales básicas; con falta de relaciones personales y con poca capacidad para manejar sus recursos, están en condiciones de vulnerabilidad al enfrentarse cotidianamente a un medio cuya presión los sobrepasa con exigencias continuas”* (Rodríguez Vignoli, 2000).

Pero ¿cuáles son los rasgos sociodemográficos de las unidades domésticas que generan dificultades, limitaciones o menores opciones para la adquisición de activos en una sociedad moderna? Rodríguez (2000) los agrupa en tres dimensiones de las unidades domésticas: 1) pautas de estructuración, 2) ciclo de vida y, 3) condiciones demográficas básicas.

1. Pautas de estructuración. Las familias son ahora cada vez más diversas, esto es causado por el alargamiento en el periodo entre la salida del hogar paterno y la conformación de una familia propia, la apertura del liderazgo femenino de las familias, incremento de la uniparitalidad, la maternidad adolescente y la constitución de hogares bipersonales o unipersonales en las etapas posteriores de la vida.
2. Ciclo de vida. Las unidades domésticas que se encuentran en las etapas finales del ciclo (restricciones socio biológicas derivadas del envejecimiento) y en las etapas iniciales del mismo (falta de experiencia y poco tiempo de duración) tienen más dificultades para disponer de activos. La edad del jefe de

familia, en particular si es muy joven, es indicativa de vulnerabilidad demográfica.

3. Rasgos demográficos tradicionales. Los hogares más numerosos serán más vulnerables, así mismo aquellos con una determinada cantidad de ancianos dependientes. En resumen, los recursos humanos potenciales que se disponen en el hogar para solventar su mantenimiento, promover su ascenso o encarar adversidades extremas, puede considerarse como un factor de vulnerabilidad demográfica.

Las variables demográficas representan bipolaridad en términos de vulnerabilidad, es decir, que son fuentes de fortaleza o debilidad y juegan un papel relevante, por lo que es necesario especificar las coordenadas de referencia de acuerdo con Rodríguez (2001): a) el contexto (desarrollado, subdesarrollado; altos o bajos ingresos) b) el nivel de análisis (individuos, hogares o comunidades) c) el asunto específico respecto del cual el actor puede resultar débil o vulnerable. Además, es de importancia tener en cuenta la etapa de transición demográfica y urbana que se encuentre el área de estudio.

Por otro lado, existe una intersección entre la vulnerabilidad demográfica y otras fuerzas generadoras de desventaja social. De acuerdo con lo anterior, se pretende cruzar el indicador de necesidades básicas insatisfechas (NBI)<sup>22</sup> con los factores de vulnerabilidad demográfica por vivienda (número de personas, número de niños y relación de dependencia).

---

<sup>22</sup> El NBI se construye como indicador de pobreza a partir de la información censal.

Como ya se ha mencionado anteriormente, el módulo de NBI se relaciona directamente con las funciones de habitabilidad de la vivienda planteadas por Joan Mac Donald ((1985) citado en Arriagada (2003)), descompone el concepto de vivienda en las cinco funciones de habitabilidad:

1. Protección ambiental: la protección que brinda la vivienda en el interior frente al exterior, se define por los materiales, durabilidad y calidad (muros, pisos, techos) y por su adecuación al medio físico (seguridad ante riesgos naturales).
2. Saneamiento y bienestar: la salubridad de la vivienda, definida por el acceso a los servicios de agua potable para consumo, facilidades para el aseo corporal y la eliminación de excretas (conexión entubada a la red municipal de agua potable y alcantarillado).
3. Independencia habitacional: su función de independencia, en la cual varios individuos por parentesco, afinidad o necesidad, comparten una vivienda sin interferir entre ellos. Tiene que ver con el número de cuartos o espacios disponibles para los hogares o núcleos familiares que la habitan.
4. Estabilidad residencial: su función de seguridad residencial, que se define por el tiempo de residencia y su situación legal de tenencia de la propiedad.
5. Inserción en el territorio, tiene que ver con la percepción de sus habitantes con relación al barrio, municipio o ciudad: accesibilidad del barrio, relaciones vecinales, servicios, equipamiento y calidad ambiental.

En concordancia con la postura de la intersección entre la vulnerabilidad y las desventajas sociales, Cardona (1994) (citado en Cardenal (s.f.)) propone una definición de la vulnerabilidad como la predisposición intrínseca de un sujeto o elemento a sufrir daño debido a posibles acciones extremas y distingue entre la vulnerabilidad estructural (en el sentido constructivo)<sup>23</sup> y la social (en el sentido socioeconómico)<sup>24</sup>. Al respecto, anota que en los países en vías de desarrollo la vulnerabilidad social es causal de la vulnerabilidad estructural.

Por otro lado, una perspectiva diferente relacionada con el término de vulnerabilidad, Katzman (citado en Cunha (2006)), apunta que puede ser entendida como la “capacidad de una persona o de una vivienda para aprovechar las oportunidades, disponibles en distintos ambientes socioeconómicos, para mejorar su situación de bienestar y de evitar su deterioro”. Cunha (2006) sostiene que existe un desfase o desequilibrio entre los requerimientos de acceso a las oportunidades ofrecidas por el mercado, por el Estado o por la sociedad; y los activos de las viviendas que les permitan aprovechar dichas oportunidades.

El concepto de *activos* también se discute en Katzman et al (1999) y se inscribe en el *asset/vulnerability framework*, lo que el concepto de vulnerabilidad debe definirse de manera integral, esto es, a partir de varios factores o grupos de activos. Estos activos son un conjunto de atributos que se consideran necesarios

---

<sup>23</sup> Adecuadas tecnologías de construcción aseguran asentamientos menos vulnerables y sostenibles a largo plazo.

<sup>24</sup> La erradicación de la pobreza es un objetivo del desarrollo sostenible. Una población con mayores capacidades y oportunidades económicas para producir de manera sostenible, está mejor preparada para enfrentar las consecuencias de los cambios ambientales.

para el aprovechamiento efectivo de las oportunidades, poniendo énfasis en aquellos factores que limitan la reposición o acumulación de dichos activos.

Derivado de las definiciones sobre vulnerabilidad, Kaztman et al (1999) refiere que esta puede clasificarse en una gradiente de situaciones a partir de las cuales pueden identificarse las principales debilidades de cada segmento socioespacial de la población:

1. Capital físico. Incluye todos los medios necesarios para la búsqueda del bienestar, entre estos pueden mencionarse: vivienda, animales, maquinarias, medios propios de transporte; pero también ahorro, formas de seguridad y protección)
2. Capital humano. Incluye el trabajo como activo principal y el valor agregado al mismo por las inversiones en salud y educación.
3. Capital social. Redes de reciprocidad, confianza, contactos y acceso a la información

De acuerdo con el enfoque del desarrollo sostenible, la vulnerabilidad puede expresarse como una función inversamente proporcional del nivel de sostenibilidad de un determinado modelo o patrón de desarrollo, es decir, que la vulnerabilidad es la falta parcial o total de sostenibilidad. La sostenibilidad urbana depende de los factores socioeconómicos, culturales y políticos, que son los que determinan el nivel de vida de una población, y por lo tanto su vulnerabilidad. En otras palabras: “una

*ciudad es más vulnerable en la medida en que es menos sostenible” (Cardenal Sevilla, s.f.).*

El desarrollo sostenible es, por lo tanto, un esfuerzo de mediano y largo plazo, que persigue reducir la vulnerabilidad de una sociedad o comunidad, corrigiendo y transformando aquellos factores del sistema social que colocan a la población en una situación de fragilidad o indefensión ante los riesgos y amenazas naturales o humanos.

Las variables que se consideran para el proyecto de investigación “Población y sostenibilidad de la zona metropolitana de Pachuca 2010”, toman como base tres elementos teóricos principales. En primer lugar, la definición de sostenibilidad urbana surge del concepto de ciudades sostenibles de UNFPA (2014), en las que se consideran tres dimensiones básicas para el logro del desarrollo sostenible: la dimensión ambiental, económica y social.

En segundo lugar, la vulnerabilidad sociodemográfica, que se respalda por investigaciones realizadas actualmente sobre las relaciones que existen entre la falta de acceso a los servicios públicos Hogan (Leff, et al., 2002), las condiciones de vida (Rodríguez Vignoli, 2000) y las desventajas sociales.

En tercer lugar, los enfoques teóricos relacionados con los procesos de expansión urbana, que involucran variables como densidad urbana, superficie de áreas verdes por habitante, incrementos en el área urbana. Al respecto, es evidente una tendencia a la concentración de la población en las ciudades, en México; en

2010, 80.4 millones de personas residían en ciudades y para 2030, alcanzará los 91.5 millones. Los incrementos poblacionales han tenido lugar principalmente en las ciudades intermedias<sup>25</sup>, que conforman las zonas metropolitanas del país.

No obstante, la creación de oportunidades generadas por la aglomeración del entorno urbano, se presentan grandes retos para los gobiernos; que deben proveer de servicios básicos urbanos como la infraestructura, equipamientos, vivienda, seguridad y garantizar el futuro de sus habitantes.

A partir de la revisión de los indicadores generados para la medición de la sostenibilidad en ciudades europeas y en América Latina (véase tabla 2 en anexos), se ha elaborado una selección de variables para su inclusión en la generación de un indicador para los municipios seleccionados (Pachuca y Mineral de la Reforma) en el rango intermedio poblacional, es decir, entre 500 mil y 1 millón de habitantes y no en los centros urbanos “megalopolitanos<sup>26</sup>”.

De manera sintética, se plantea incluir las variables que involucran la sostenibilidad urbana, en la que se consideran los aspectos físicos, económicos y sociales del desarrollo urbano (véase tabla 1 en anexos).

---

<sup>25</sup> Para el presente trabajo de investigación se consideran las zonas metropolitanas que se encuentran dentro del rango poblacional de más de 500 000 y hasta 1 000 000 de habitantes.

<sup>26</sup> Con poblaciones superiores al millón de habitantes.

### **2.9.1 La urbanización, vulnerabilidad sociodemográfica y la sostenibilidad**

En años recientes, la urbanización y sostenibilidad de las ciudades han cobrado importancia como elementos estratégicos para el desarrollo sostenible. En la inclusión del Objetivo 11 “Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles”, se definen elementos de la urbanización sostenible que van más allá de los temas vinculados con la vivienda y los servicios básicos, tal es el caso de: acceso a la vivienda, movilidad urbana, patrimonio cultural y natural, la gestión y la resiliencia al riesgo de desastres, los espacios públicos y verdes inclusivos, los vínculos entre ciudad y entorno rural y los impactos de la urbanización sobre el medio ambiente (CEPAL, 2017).

América Latina puede describirse a partir de las desigualdades existentes, expresadas en las disparidades espaciales reflejadas en su territorio y en las condiciones de vida de su población. La concentración urbana, consolidada en el siglo XX, ha provocado que los vínculos que podrían suponerse positivos, entre la urbanización y el desarrollo, se debiliten de forma severa; el proceso de urbanización ha ocurrido en el marco de un crecimiento económico lento o negativo en algunas décadas (Henderson, 2003).

En países como México, políticas para favorecer el crecimiento de las ciudades intermedias, han establecido cierto control de este ritmo de urbanización en las mega ciudades; sin embargo, dichas políticas no se han aplicado a mejorar sus

condiciones de vida, por lo que, al respecto, Henderson plantea la pregunta: “¿pueden las maravillas de las grandes ciudades, ocultar su lado oscuro?”

El argumento anterior se plantea en razón de que ni la desconcentración, ni la excesiva concentración urbana son benéficas en cuanto a dotación de servicios urbanos. El primer caso puede explicarse debido a que las inversiones en infraestructura interregional han facilitado la desconcentración urbana de las ciudades (Davis & Henderson, 2003), los cambios en los usos de suelo de rural a urbanos, provocados por desarrollos inmobiliarios localizados en las periferias, incrementan costos de transporte y mayores distancias para la distribución de los recursos (Henderson, 2003).

Las desigualdades en las ciudades, tienen su origen en las características particulares del desarrollo periférico, y son de tipo estructural, por lo que de afuera hacia adentro, generan desigualdades socioeconómicas y espaciales (CEPAL, 2017).

La urbanización no puede detenerse, sin embargo, puede ser también un hecho positivo, “la concentración de pobreza que se encuentra en las ciudades también representa la mejor esperanza de escapar de ella” (UNFPA, 2007, p. 7). A pesar de los efectos adversos, resultado de las formas de vida actuales, los formuladores de políticas reconocen el potencial de las ciudades para la sostenibilidad a largo plazo.

## **Vulnerabilidad sociodemográfica**

Rodríguez distingue la vulnerabilidad demográfica como “un eslabón de la compleja cadena de limitaciones y precariedades que aqueja a los grupos postergados de la región; reducirla contribuiría a disminuir sus desventajas sociales y promovería mayores opciones de vida y de movilidad social” (Rodríguez Vignoli, 2000, p. 7).

Para que haya vulnerabilidad sociodemográfica deben concurrir tres componentes: 1) eventos sociodemográficos adversos<sup>27</sup>, 2) incapacidad para responder a la materialización del riesgo y 3) falta de habilidad para adaptarse a los cambios generados por dicha materialización, sin embargo, basta con la presencia simultánea de los dos primeros para que se configure una situación vulnerable (CEPAL, 2002). La dinámica demográfica tiende a agravar las condiciones de vulnerabilidad sociodemográfica, principalmente en grupos considerados por edad y sexo.

### **2.10 Vínculo pobreza-vulnerabilidad sociodemográfica-sostenibilidad**

La existencia de múltiples formas de pobreza y desigualdades son obstáculos para el desarrollo sostenible, dado que en las ciudades la exclusión social, económica y segregación espacial, son una realidad cotidiana (ONU, 2016).

---

<sup>27</sup> Solo el primer componente puede describirse con las variables poblacionales, los otros dos dependen de factores de índole social

La relación existente entre la vulnerabilidad sociodemográfica y la sostenibilidad radica en dos aspectos principales. La vulnerabilidad sociodemográfica conjuga eventos sociodemográficos adversos, como el incremento en las dificultades para salir de la pobreza, que enfrentan las familias con muchos dependientes (entre ellos niños y adultos mayores); las condiciones de estancamiento que experimentan familias con jefaturas femeninas y de bajos niveles de educación. La dinámica demográfica, por lo tanto, puede agravar las condiciones de vulnerabilidad en las familias.

La noción de vulnerabilidad sociodemográfica se relaciona con estos grupos, ya que son más susceptibles a enfrentar dificultades en su inserción social y desarrollo personal (CEPAL, 2002). Por otro lado, la inequidad socioeconómica a la que se enfrentan los habitantes urbanos, se considera un riesgo, ya que entorpece el desarrollo económico y disminuye las oportunidades de mejorar sus condiciones de vida en un contexto globalizado y revolucionado tecnológicamente (Beck, 1998).

Uno de los principios dentro del Objetivo 1 del Desarrollo Sostenible: “Poner fin a la pobreza en todas sus formas en todo el mundo” exhorta a la erradicación de todas las formas de pobreza, como requisito indispensable para el desarrollo sostenible. El aumento del número de habitantes de barrios marginales y asentamientos informales, la organización espacial, accesibilidad, infraestructura y prestación de servicios básicos; son factores que pueden promover el incremento de las condiciones de pobreza (ONU, 2016).

La pobreza, por lo anterior, va más allá de la percepción de bajos ingresos, se manifiesta también en mala alimentación, falta de vivienda digna, acceso limitado a servicios básicos como educación o salud (ONU, 2018); y su manifestación más ostensible es la precarización de la vivienda, por su relación directa con las condiciones materiales en las que vive (Prieto, 2007).

En este sentido, ONU-Hábitat define “hogar de asentamiento precario” como el grupo de personas en la misma vivienda que habitan una zona urbana que carece de una o más de las siguientes condiciones: 1. “Una vivienda durable de naturaleza permanente que proteja contra condiciones climáticas adversas. 2. Un espacio vital suficiente, lo que significa que no más de tres personas compartan una habitación. 3. Acceso fácil a agua potable en cantidad suficiente y a un precio razonable. 4. Acceso a saneamiento adecuado: letrina privada o pública compartida con una cantidad razonable de personas. 5. Tenencia segura para evitar los desalojos forzados “.

El enfoque de pobreza es empleado para mostrar situaciones de carencia o insatisfacción de necesidades básicas a nivel individual como colectivo. La consideración del módulo de NBI tiene su justificación en este precepto, ya que con la información censal es posible medir las condiciones de pobreza de los hogares.

Las condiciones de pobreza, inseguridad social, vulnerabilidad sociodemográfica, acceso limitado a servicios básicos y bienes urbanos, son solo algunos problemas que enfrenta la población en las ciudades, por lo que, al superar

dichas condiciones, permite a la población “superar la barrera de la pobreza y elevar su calidad de vida” (Prieto, 2007, p. 4).

El desarrollo sostenible es, por lo tanto, un esfuerzo de mediano y largo plazo, que persigue reducir la vulnerabilidad de una sociedad o comunidad, corrigiendo y transformando aquellos factores del sistema social que colocan a la población en una situación de fragilidad o indefensión ante los riesgos y amenazas naturales o humanos. Según UNFPA (2007), los pobres formarán parte del crecimiento del a ciudades, no pueden dejarse del lado, si esto ocurriera, tanto la planificación, como el aprovechamiento de la dinámica urbana para contribuir a la mitigación de la pobreza.

A manera de conclusión, desde la perspectiva de las ciudades sostenibles, los habitantes urbanos en condiciones de pobreza, tienden a asentarse en áreas que conllevan un riesgo, que, a niveles no aceptables, los ubican en déficit de sostenibilidad (Marguis,2017) citado en CEPAL (2017). Por otro lado, cuando las desigualdades económicas se entrelazan con las ambientales, se crea un círculo vicioso, en donde las condiciones de desigualdad generan mayor vulnerabilidad (CEPAL, 2017).

En el apartado a continuación, se define el perfil sociodemográfico de los municipios de Pachuca y Mineral de la Reforma, a partir de las variables a emplear en el apartado metodológico.

### **3. La zona Metropolitana de Pachuca**

La Zona Metropolitana de Pachuca, presenta características de crecimiento poblacional y migración importantes, específicamente los municipios centrales, Mineral de la Reforma y Pachuca. A continuación, se detallarán aspectos poblacionales como migración interna, crecimiento poblacional, seguidos de una caracterización sociodemográfica y de los principales aspectos que han de considerarse en posteriores apartados metodológicos de la presente investigación.

Como en el resto de las ciudades medias mexicanas y los municipios centrales de la Zona Metropolitana de Pachuca, han sido parte del fenómeno migratorio urbano-urbano que se vive actualmente.

#### **3.1 La Zona Metropolitana de Pachuca (ZMP)**

De acuerdo con el XII Censo General de Población y Vivienda INEGI (2000), 3.9 millones de personas cambiaron su lugar de residencia habitual durante el quinquenio previo, cruzando los límites estatales, y 2.6 millones adicionales lo hicieron entre los municipios de una misma entidad.

En el contexto de desconcentración poblacional de la Ciudad de México, el ritmo de crecimiento por migrantes decreció y comenzó a expulsar población hacia otras zonas metropolitanas. Las ciudades receptoras de esa población migrante

después de 1990, fueron según Corona (2002), Querétaro, Toluca, Tlaxcala, Pachuca y San Juan del Río.

Según SEDESOL (2012), para 2010, se registraron 19,473 inmigrantes recientes intermunicipales en Pachuca y 35,545 para Mineral de la Reforma. Dichos flujos han generado un crecimiento poblacional y urbano en los municipios centrales de la ZMP, en el caso de Pachuca, los incrementos se han resuelto desde la oferta de vivienda, ya que dichos nuevos habitantes se han asentado en zonas periféricas, complejos habitacionales precarios, con poco o nulo acceso a los servicios básicos urbanos.

De acuerdo con la información que ofrece INEGI (2015), en Pachuca vive una de cada diez personas, seguido de Mineral de la Reforma. La población de este último municipio, la recibe de Pachuca, es decir, que 6 de cada diez habitantes que migraron, lo hicieron de Pachuca a Mineral de la Reforma.

**Cuadro 1. Población y tasas de crecimiento de los municipios centrales de la ZMP**

Nombre del municipio	Tasa de crecimiento medio anual 1990-2000	Tasa de crecimiento medio anual 2000-2010	Población total 2000	Población total 2010
Pachuca de Soto	3.13	0.86	12885	13864
Mineral de la Reforma	7.38	11.29	245208	267862

Fuente: Elaboración propia con datos de Indicadores SUN (2010).

Mineral de la Reforma destaca por su ritmo de crecimiento (véase cuadro1), al tener una tasa de crecimiento medio anual 1990-2000 de 7.4 y de 11.3 durante el periodo 2000-2010, según datos de CONAPO (2012). Dicho municipio destaca por el

desarrollo de áreas habitacionales, víctima de la explosión en la inversión inmobiliaria, alberga la mayoría de los nuevos fraccionamientos de la ZMP.

Así, la población ha encontrado su nueva residencia en la periferia metropolitana de Pachuca; ha dado paso a problemas sociales y urbanos como la dispersión, la segregación social y la escasez, en el abastecimiento de infraestructura y equipamientos urbanos. Los sectores de altos ingresos se han localizado en las partes antes agrícolas del sur, en contraposición, por razones históricas, los sectores menos favorecidos se han asentado en las zonas altas, con pendientes mayores al 15%; por lo general en asentamientos irregulares y con viviendas producto de la "autoconstrucción".

Pachuca ha realizado esfuerzos tendientes hacia la planificación urbana, se implementaron estrategias para descentralizar los servicios mediante la creación de subcentros urbanos, pero, permanecen latentes problemas como el suministro de agua y servicios urbanos. El rápido crecimiento urbano, sin un proceso de planificación urbana, está generando desequilibrios en los recursos urbanos; que están agudizando problemáticas como la falta de servicio de agua dentro de la vivienda, drenaje, electricidad, bienes y tecnologías de la comunicación.

Ahí destaca la importancia del presente análisis, ya que no se ha realizado una medición integral de los factores que intervienen en la sostenibilidad urbana. El presente trabajo, pretende integrar aquellos factores que tienen un papel importante en el bienestar de los habitantes urbanos; dichos factores se encuentran inmersos en

las dimensiones básicas de la sostenibilidad, la dimensión poblacional (vulnerabilidad sociodemográfica), la dimensión socioeconómica (condiciones generales de la vivienda) y la dimensión física (ambiente urbano).

### **3.2 Caracterización sociodemográfica de Pachuca y Mineral de la Reforma**

En los municipios centrales de la ZMP (véase gráfico 2), se han llevado a cabo transformaciones que siguen la tendencia de urbanización nacional, en el que se incrementó el tamaño de las ciudades denominadas intermedias, Pachuca, y recientemente Mineral de la Reforma; han presentado tasas de crecimiento poblacional provocado por crecimiento natural, pero también por movimientos migratorios internos.

En el presente apartado se contextualiza el área de estudio, comenzando a nivel municipal; para luego revisar las principales características sociodemográficas relacionadas con la investigación, en un contexto desagregado por AGEB urbana de sus municipios centrales (Pachuca y Mineral de la Reforma).

#### **3.2.1 Vulnerabilidad sociodemográfica**

La vulnerabilidad demográfica es solo un elemento en la compleja estructura de desventajas sociales que afecta a la población de las ciudades mexicanas, su existencia depende de varios factores, como necesidades básicas insatisfechas, condiciones de vida precarias o ingresos insuficientes (Rodríguez Vignoli, 2000).

En años recientes, la vulnerabilidad ha incrementado su trascendencia como generadora de desventajas sociales (Moser, 1998), los nuevos escenarios urbanos traen consigo condiciones de inseguridad en el bienestar de los individuos y con esto, imposibilidad de hacer frente a riesgos que ellos deben enfrentar cotidianamente.

Como parte de las hipótesis planteadas, se sugiere que los pobres de la región latinoamericana tienen rasgos distintivos como: localización territorial periférica, patrones reproductivos precoces e índices de dependencia demográfica más altos (Rodríguez Vignoli, 2000). Determinar que variables demográficas son las que generan más desventajas sociales, es posible a partir de la siguiente cita: “la capacidad de crianza y de socialización, la disponibilidad de tiempo, las opciones de ahorro y de inversión en las distintas modalidades de capital, e incluso las probabilidades de tener un discurrir agradable y estimulante dependen, entre otros factores demográficos, del tamaño de las unidades domésticas, de sus niveles de dependencia demográfica, de su fase en el ciclo de vida y de sus arreglos familiares”. Por lo anterior, se ha considerado el porcentaje de dependencia demográfica y el nivel educativo de la población y los hogares con jefatura femenina, ya que las desventajas sociales pueden ser más acentuadas para algunos grupos etarios.

Como parte del componente poblacional, se incorporan tres variables, en primer lugar, el porcentaje de dependencia demográfica, en la cual se contempla la población de 0 a 14 años; y de 65 y más. En segundo lugar, porcentaje de población

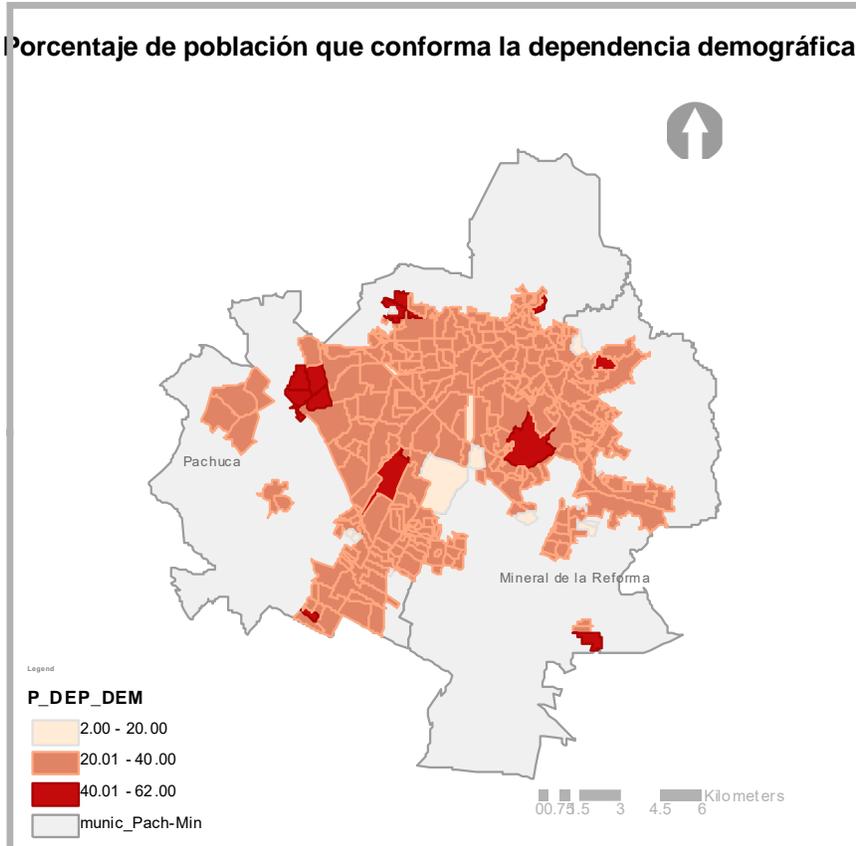
de 18 años y más con educación post básica y, por último, el porcentaje de población en hogares con jefatura femenina.

Las viviendas con población que se encuentra en las primeras y en las últimas etapas de su vida; tienen mayores dificultades para manejar y para producir activos. No los niños ni los adultos mayores aportan económicamente al hogar, por lo que constituyen una situación de desventaja. Por otra parte, la dependencia supone “*una segmentación en el hogar de individuos que lo sostienen y otros que no lo hacen*” (Rodríguez Vignoli, 2000, p. 21), en la ZMP, en promedio existen 325 niños por AGEB, mientras que la población en promedio de adultos mayores es de 62 por AGEB.

Como puede observarse en el gráfico 2, existe una prevalencia de dependencia demográfica en un gran sector del área de estudio, enfatizando sectores al poniente, norponiente y sureste de la ciudad. Lo anterior debido a la población de niños y adultos mayores que habitan prácticamente en la mayoría de las AGEB analizadas, comprobable mediante las pirámides poblacionales que se muestran más adelante.

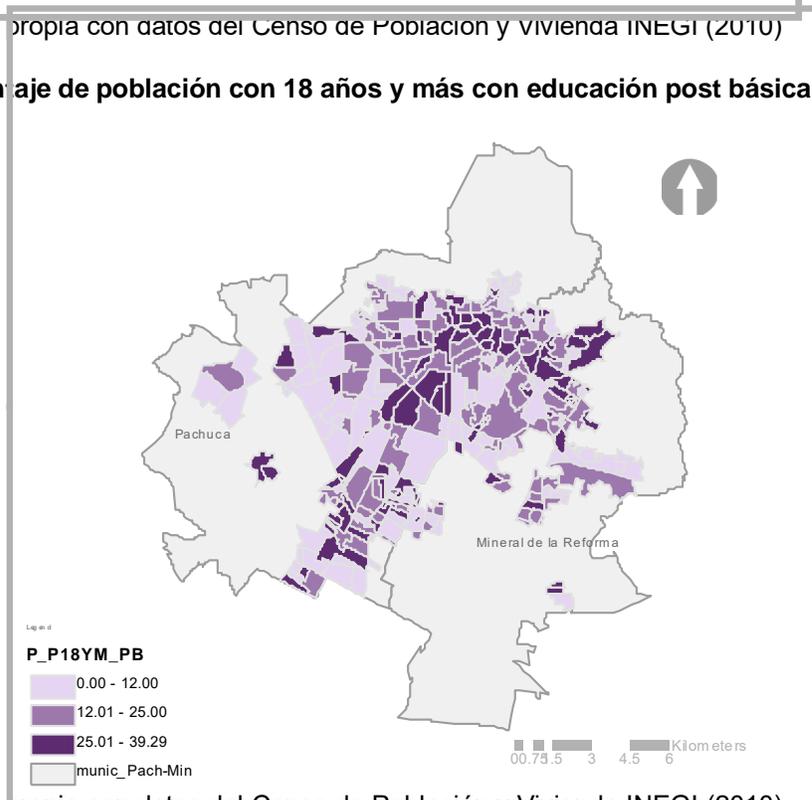
Con relación a la variable población con educación post básica, en el gráfico 3, puede observarse que la población de las AGEB con mayoría en la variable educación post básica, se agrupa en la zona centro, principalmente en los sectores antiguos de la ciudad y algunos en sectores periféricos.

**Gráfico 2. Porcentaje de población que conforma la dependencia demográfica en la ZMP**



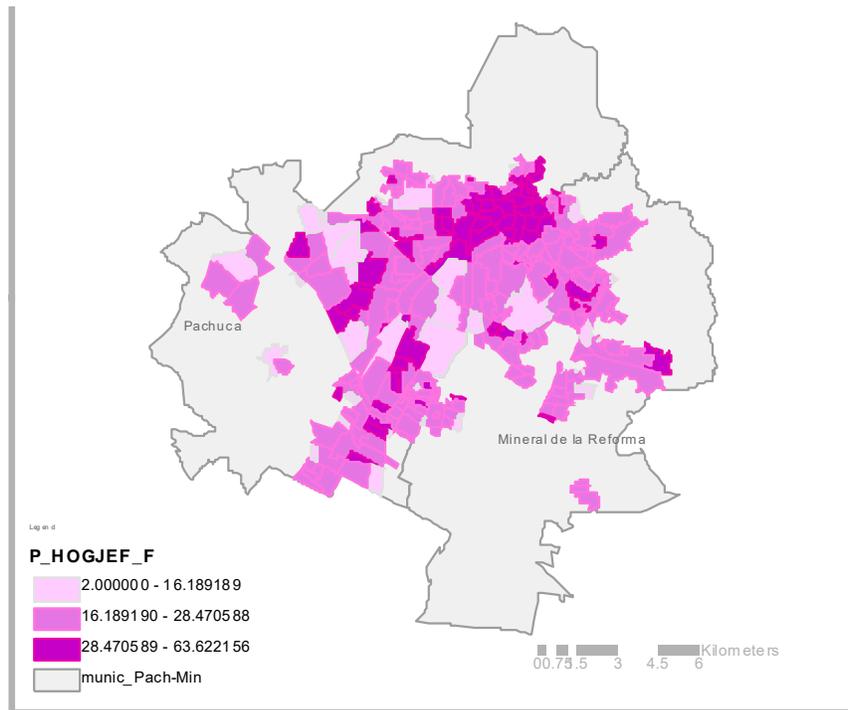
Fuente: Elaboración propia con datos del Censo de Población y Vivienda INEGI (2010)

**Gráfico 3. Porcentaje de población con 18 años y más con educación post básica en la ZMP**



Fuente: Elaboración propia con datos del Censo de Población y Vivienda INEGI (2010)

**Gráfico 4. Porcentaje de población en hogares con jefatura femenina**



Fuente: Elaboración propia con datos del Censo de Población y Vivienda INEGI (2010)

Por último, la variable población en hogares con jefatura femenina se localiza principalmente en el sector central del municipio de Pachuca, en la región norte del área de estudio. Se observan algunos otros sectores secundarios en sectores al norponiente y sur poniente (véase gráfico 5).

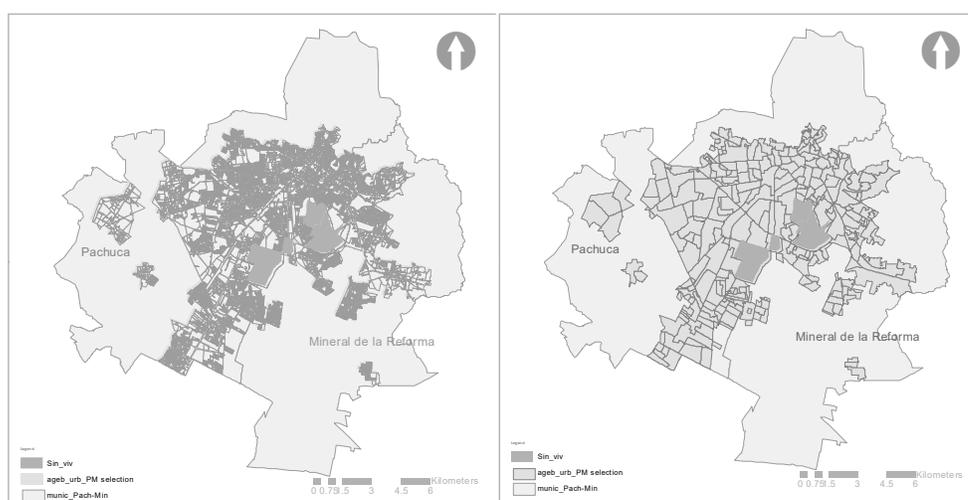
### **3.2.2 Estructura de edad, hogares y condiciones de la vivienda**

La población total de la Zona Metropolitana de Pachuca para 1990 fue de 276 512 habitantes, incrementándose a 375 022 en 2000 y alcanzando 512 196 para el 2010. De acuerdo con SEDESOL, CONAPO e INEGI (2012) se mantuvo una tasa de crecimiento medio anual de 3.1 durante el periodo 1990-2010.

El municipio de Pachuca tiene una población de 267,862 habitantes, el municipio de Mineral de la Reforma cuenta con 127,404 habitantes (INEGI, 2010). Por otro lado, las AGEB urbanas consideradas para el presente trabajo suman 375,825 habitantes. El 50 por ciento de la población total municipal de Pachuca y Mineral de la Reforma, se encuentra en el rango de 0 a 29 años de edad. El grupo etario de 20 a 24 años es mayoritario para Pachuca en la pirámide poblacional; para Mineral de la Reforma, el grupo mayoritario oscila entre los 5 a 9 años para los hombres y de 30 a 34 para las mujeres (véase gráfico 6 y 7).

El cambio demográfico de las zonas metropolitanas, representa un reto para las autoridades, en la medida que se requiere identificar las necesidades de los diferentes grupos de población; de manera que puedan diseñarse estrategias para atender sus demandas y reducir las desigualdades que merman la capacidad de los ciudadanos, para acceder a las oportunidades de desarrollo.

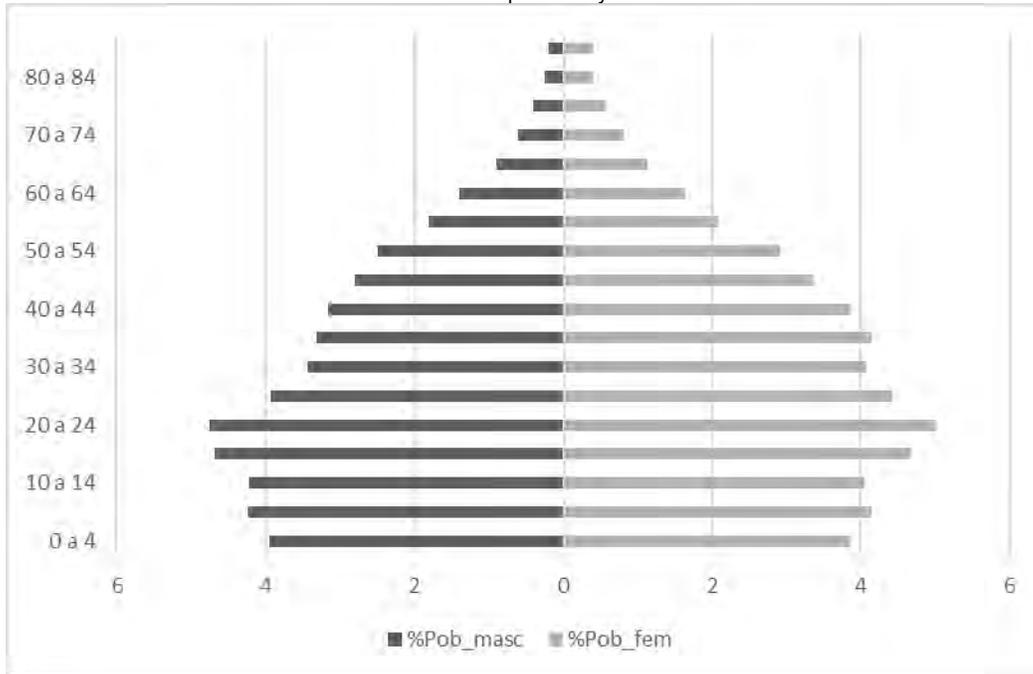
**Gráfico 5. Delimitación del área de estudio, municipios centrales ZMP**



Fuente: Elaboración propia con datos del Censo de Población y Vivienda INEGI (2010)

**Gráfico 6. Pirámide de población municipio Pachuca, 2010**

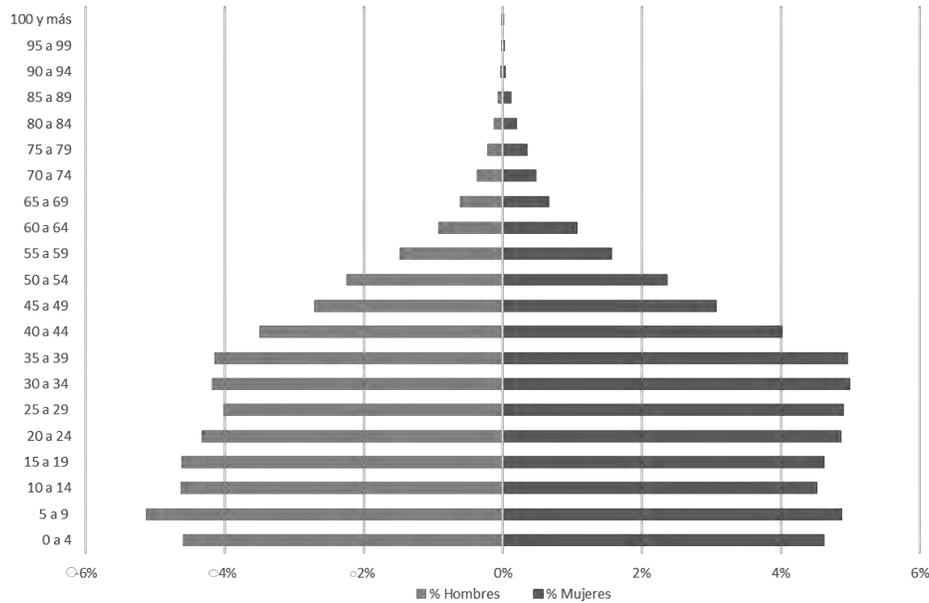
Distribución por edad y sexo



Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, Censo de Población y Vivienda, 2010. Tabulados del Cuestionario Básico, Población.

**Gráfico 7. Pirámide de población municipio Mineral de la Reforma, 2010**

Distribución por edad y sexo



Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, Censo de Población y Vivienda, 2010. Tabulados del Cuestionario Básico, Población.

A partir de las variables a considerar en el ejercicio estadístico, se realiza una caracterización sociodemográfica del área de estudio, de manera que se pueda establecer un contexto para el análisis.

### **3.2.3 Material predominante en pisos.**

En promedio, el 95.31 por ciento de las viviendas particulares habitadas, de las AGEB urbanas de los municipios centrales de la zona metropolitana de Pachuca, tienen piso diferente al de tierra. El material preponderante en piso es el de cemento, seguido de los pisos con recubrimientos de mosaico, madera y otros en los que destaca Mineral de la Reforma con el 75 por ciento.

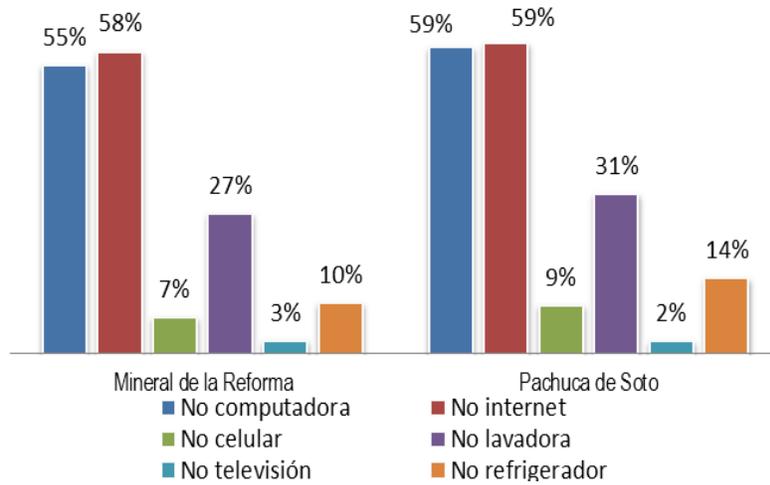
Este factor tiene implicaciones en la calidad de vida y en la higiene de las viviendas, ya que en pisos diferentes al de tierra, es mayormente posible garantizar la sanidad de la vivienda, así como la preparación e ingesta de alimentos. Aún resta un 25 por ciento de la población que se ubica en sectores precarios, que, a pesar de encontrarse dentro de los municipios más importantes de la zona metropolitana, tienen dicha necesidad que puede considerarse prioritaria.

### **3.2.4 Bienes y TIC**

En este indicador se integran las principales deficiencias de acceso a bienes y tecnologías. Aquellos que presentan menores deficiencias son: Mineral de la Reforma y Pachuca, a nivel metropolitano (gráfico 8 y 9), esto se justifica por ser la capital de la entidad y por la conurbación existente entre ellas. En promedio, 63 por ciento de las AGEB urbanas cuentan con lavadora, el 85 por ciento con refrigerador,

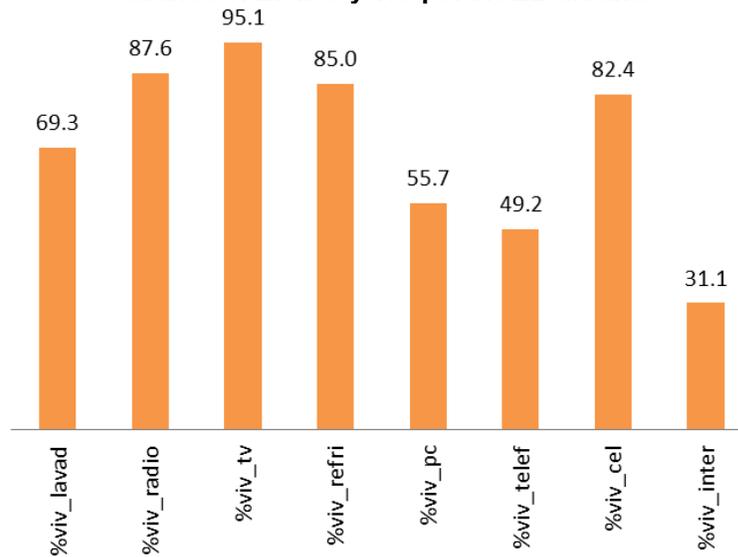
el 55 por ciento con computadora, el 82 por ciento con celular, el 31 por ciento con internet. Por otro lado, los valores superiores al 90 por ciento están representados por las variables: acceso a electricidad, agua, drenaje y televisión.

**Gráfico 8. Bienes y TIC por municipio**



Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, Censo de Población y Vivienda, 2010

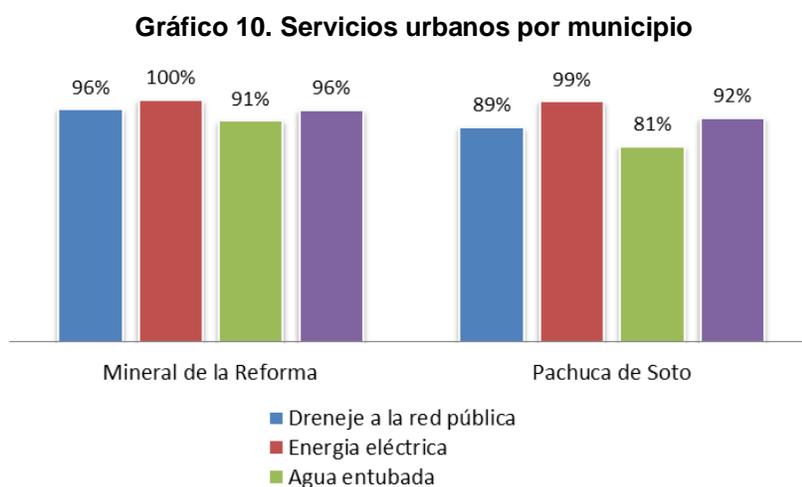
**Gráfico 9. Bienes y TIC por AGEB urbana**



Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, Censo de Población y Vivienda, 2010

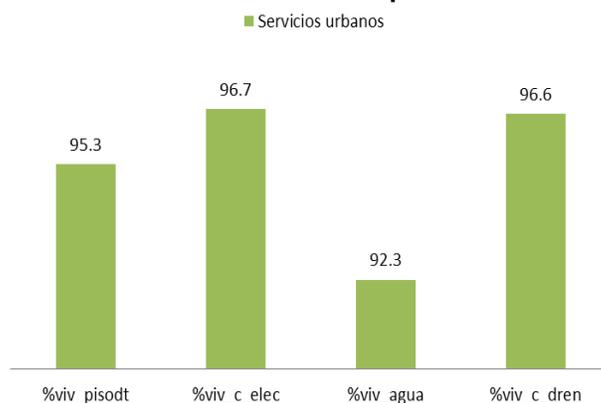
### 3.2.5 Servicios urbanos

Como puede observarse en el gráfico 10 y 11, existe una cobertura casi total de servicios como electricidad, recolección de basura y agua entubada, principalmente en los municipios predominantemente urbanos. El mismo patrón se repite con relación a las viviendas con conexión a la red municipal de drenaje. Lo anterior puede explicarse en los sectores centrales, mientras que, en las periferias, se encuentran las mayores deficiencias de cobertura; como sucede de acuerdo al patrón de urbanización de las ciudades latinoamericanas.



Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, Censo de Población y Vivienda, 2010

**Gráfico 11. Servicios urbanos por AGEB urbana**



Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, Censo de Población y Vivienda, 2010

### 3.2.6 Desarrollo urbano

Como se describe en el capítulo 1, el proceso de urbanización, se acompaña por concentraciones poblacionales en zonas metropolitanas, diferentes a la zona metropolitana del Valle de México; el crecimiento de las ciudades mayores a 500 mil habitantes y menores de un millón, y los cambios en la migración interna urbana-urbana.

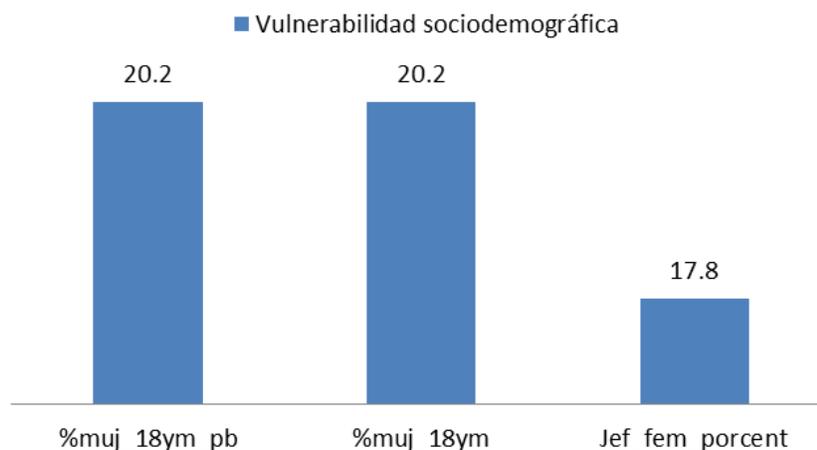
El crecimiento y la concentración de población en los municipios centrales de la ZMP, como en el resto de las ciudades intermedias del país, está determinado por factores económico-territoriales, es decir, que los cambios en los modos de producción se reflejan en el crecimiento de las ciudades. Lo anterior puede explicarse con la distribución dispersa y segregada del modelo centro-periferia que impera en la zona de estudio. Tal distribución genera sectores de la ciudad con concentración poblacional evidente, con acceso a servicios urbanos; y sectores periféricos dispersos en los que se observan bajos niveles de abastecimiento de servicios y deterioro en las condiciones de habitabilidad y vivienda.

En los sectores periféricos se observan niveles bajos de densidad poblacional, la densidad media urbana de los municipios de la ZMP, varía de acuerdo con el nivel de urbanización de dichos municipios. Mineral del Monte tiene el valor más alto, con 86.39 viviendas por hectárea; Pachuca es el siguiente con 83.84 viviendas por hectárea. El nivel menor lo encabeza san Agustín Tlaxiaca con 9.56 viviendas por hectárea.

El valor mínimo indicado para las zonas de crecimiento nuevas es de 80 viviendas por hectárea, mientras que el valor deseable es de 100 viviendas/ha. Las densidades que se encuentran por debajo de ese rango, no son deseables en un escenario más sostenible; ya que ocasiona problemas de aislamiento y conlleva un mayor consumo de recursos. Por el contrario, valores superiores al rango, ocasionan problemas de congestión y supone costes para la población en términos de espacio público y de servicios (Gobierno de España, 2010)

Las variables que definen la dimensión poblacional, se comportan de la siguiente manera a nivel agregado por AGEB: 1) Población en hogares censales con jefatura femenina, el 17.8 por ciento de la población pertenece a un hogar con jefatura femenina, mientras que, 2) la población menor de 15 años y mayor de 65 años, es en promedio el 2 por ciento. 3) La población femenina de 18 años y más con educación pos-básica constituye en promedio, más del 20 por ciento del total (véase gráfico 12).

**Gráfico 12. Servicios urbanos por AGEB urbana**



Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, Censo de Población y Vivienda, 2010

El área de estudio muestra transformaciones que siguen con la tendencia de crecimiento urbano de las ciudades intermedias. Con relación al componente poblacional, la variable vulnerabilidad sociodemográfica, los datos muestran que existe prevalencia en la dependencia demográfica, enfatizando en el sector poniente, norponiente y sureste.

Los niveles educativos más altos se presentan en el sector central del área de estudio y en algunos sectores periféricos, de igual manera con la variable hogares con jefatura femenina.

La mitad de la población considerada en el análisis, se encuentra en el rango de edad de 0 a 29 años para Pachuca y de 5 a 9 años para Mineral de la Reforma. Tales características demográficas lo convierten en un reto debido a la demanda de servicios para una población mayoritariamente joven.

Las condiciones de vivienda estudiadas se caracterizan por construcciones con acabados adecuados en su mayoría, lo que puede explicarse por los conjuntos habitacionales que se han construido de manera masiva en las periferias urbanas, principalmente en Mineral de la Reforma. La misma explicación caracteriza el acceso a los bienes y servicios urbanos, aunque lo anterior no refleje óptimas condiciones de vida.

Con relación al componente desarrollo urbano, se presenta una distribución dispersa y segregada de los sectores habitacionales del área de estudio. En los sectores periféricos puede observarse un nivel de densidad bajo que puede provocar altos costos en el suministro de servicios y de traslados.

A continuación, se presentan los elementos teóricos que sustentan la presente investigación, se desarrollara ampliamente en el siguiente capítulo.

## 4. Enfoque espacial en los estudios de población

Dado que el análisis espacial, se ha convertido en una herramienta para establecer patrones de comportamiento en el territorio, se retoma en la búsqueda de relación entre las observaciones analizadas. El análisis busca la existencia de dependencia espacial, es decir, busca identificar agrupamientos o zonas que son, más o menos sostenibles, a partir de las variables seleccionadas.

### 4.1 Índice de sostenibilidad urbana

En el presente apartado se divide en tres dimensiones de análisis de la información: en el primer nivel realiza el proceso de construcción de la variable dependiente, en este caso, el Índice de Sostenibilidad Urbana, se describe el procedimiento por medio del cual se construye, las variables que lo conforman y una representación amplia de cómo se comporta expresado en mapas.

En un segundo nivel de análisis, construida dicha variable (ISU), se emplean herramientas de análisis exploratorio de datos espaciales (AEDE) mediante el indicador global (I Moran) e indicadores locales de asociación espacial (LISA por sus siglas en inglés) para localizar agrupamientos y relación espacial de las variables por AGEB.

Considerando los tres componentes de la sostenibilidad urbana: la dimensión poblacional (vulnerabilidad sociodemográfica), la dimensión socioeconómica

(Condiciones de vivienda) y la dimensión de aspectos físicos o ambientales (Desarrollo urbano); se corre un modelo de regresión múltiple para identificar qué variables son las que impactan significativamente en la sostenibilidad urbana por AGEB seleccionadas y su localización en el espacio.

El Índice de Sostenibilidad Urbana (ISU) se construye con información del Censo de Población y Vivienda 2010 (CPV). El CPV 2010 es un proyecto que genera la información estadística con cobertura total de la población y viviendas del territorio nacional. Tiene como objetivo general contar a la población residente del país, actualizar la información sobre sus principales características demográficas y socioeconómicas; y ubicar su distribución en el territorio nacional; asimismo, enumerar a las viviendas y captar datos sobre sus características básicas.

Las unidades primarias de muestreo son áreas geográficas completas, ya sean manzanas o localidades. Su desagregación geográfica es por municipios, entidad federativa, localidades de 50 mil o más habitantes y a nivel nacional; además que permite comparar información con los censos y encuestas nacionales y de otros países.

El operativo de campo del CPV 2010 se efectuó del 31 de mayo al 25 de junio de 2010, se aplicaron cuestionarios en todas sus viviendas particulares, mediante la realización de una entrevista directa a un informante adecuado.

Los tamaños de la muestra se fijaron como sigue: 1) 800 viviendas para los municipios de 1100 a 4000 viviendas habitadas, 2) 1100 viviendas habitadas para los

municipios de 4 000 o más viviendas habitadas y que cuentan con localidades de 50 mil y más habitantes, es decir, este tamaño contempla al resto del municipio sin incluir a la localidad de 50 000 y más habitantes.

3) En cada una de las localidades de 50 mil y más habitantes se estableció un tamaño de muestra de al menos 2 000 viviendas habitadas.

Al interior de cada municipio, la afijación de la muestra para cada estrato fue proporcional al número de viviendas habitadas por estrato.

La información contenida en el CPV 2010 en el cuestionario básico, permite identificar los fenómenos sociales que se viven actualmente en el país, en materia de vivienda, salud y acceso a servicios.

Dentro de las ventajas encontradas al trabajar con la información censal, particularmente en la presente investigación es su desagregación por AGEB, obtenida del cuestionario básico. Con las 29 preguntas que contiene dicho cuestionario y particularmente para esta investigación, se dispone información en los siguientes temas: población (sexo, edad y relación de parentesco, derechohabiencia), vivienda (material en pisos, número de cuartos<sup>28</sup>, disponibilidad de energía eléctrica, agua y drenaje; disponibilidad de bienes, tecnologías de información).

---

<sup>28</sup> *“Espacios indispensables. Toda vivienda debe tener como mínimo, ya sea en espacios independientes o compartidos, una recámara, un baño completo que cuente con inodoro, lavabo y regadera y otro espacio en el que se desarrollen el resto de las funciones propias de la vivienda” (SEDATU-CONAVI, 2017)*

En este último rubro, el censo recaba información multidimensional sobre las condiciones de vida de la población, las cuales se presentan en los máximos niveles de desagregación geográfica, permiten combinaciones de variables y crear nuevas categorías de análisis.

Los elementos que sustentan el CPV 2010 como la opción que proporciona la información más completa y permite construir el modelo de regresión propuesta, como herramienta estadística para medir el grado de sostenibilidad urbana son: en primer lugar, su desagregación por AGEB, en segundo lugar, la inclusión de variables que se integran en las dimensiones de la sostenibilidad urbana y, en tercer lugar, la población objetivo que se expande a los ocupantes de las viviendas.

#### **4.2 Construcción de la variable dependiente. Índice de sostenibilidad urbana (ISU)**

Se construyó un modelo matemático-estadístico que permita medir el grado de sostenibilidad urbana por acceso a servicios urbanos de las AGEB seleccionadas en los municipios centrales de la zona metropolitana de Pachuca.

A continuación, se presenta una perspectiva de las condiciones de acceso a servicios urbanos básicos de la población urbana de dichos municipios, para lo cual se plantean los siguientes objetivos:

predecir el grado de sostenibilidad urbana, mediante la construcción de un modelo matemático-estadístico con información del cuestionario básico del Censo de

Población y Vivienda 2010, de los resultados por AGEB urbana de Hidalgo, para los municipios seleccionados.

Diagnosticar la sostenibilidad urbana por AGEB total de la zona urbana de los municipios de Pachuca y Mineral de la Reforma.

Identificar las características demográficas asociadas al componente poblacional de vulnerabilidad sociodemográfica de los municipios seleccionados.

Determinar los efectos que producen los componentes de la sostenibilidad, poblacionales, físicos y socioeconómicos en el índice de sostenibilidad urbana.

El primer modelo a construir es determinístico y se denomina Índice de Sostenibilidad Urbana (ISU), el segundo modelo se llama efectos de los componentes en la Sostenibilidad Urbana, este último, será desarrollado en el siguiente apartado.

El procedimiento planteado para esta modelación consta de los siguientes pasos de acuerdo con Taha (2012).

1. Formulación y definición del problema: En primer lugar, se tienen que describir los objetivos; esto es, explicar las variables identificadas y observar que tanta restricción tienen para una solución adecuada.
2. Construcción del modelo: Esta fase explica el modelo pertinente que se usará para trabajar con las variables elegidas. Se da énfasis en el modelo matemático que se empleará para predecir el fenómeno.

3. Solución del modelo: Ya teniendo el modelo, se hace una solución matemática utilizando técnicas y métodos. Es importante conocer el comportamiento y las restricciones para que sean las correctas.
4. Validación del modelo: En esta fase el modelo predice con certeza el comportamiento del fenómeno; No obstante, es importante estar atento a los posibles cambios y ajustes del modelo.
5. Implementación de resultados: Ya que se tienen las soluciones del modelo, posteriormente se interpretan los resultados y se describen las conclusiones.

A continuación, se describen las variables que conforman la variable dependiente, el Índice de Sostenibilidad urbana a partir de la selección de variables relacionadas con el acceso a servicios y bienes urbanos básicos.

### **4.3 Selección de variables de sostenibilidad urbana para la zona metropolitana de Pachuca**

#### **4.3.1 Aspectos físicos**

Los aspectos físicos se definen a partir de dos temas, Suelo urbano y espacio público, con las siguientes variables:

##### **Densidad media urbana**

Constituye una herramienta para evaluar la proximidad, conectividad, población y actividad.

Se define de acuerdo con Gobierno de España (Gobierno de España, 2010), como el número de viviendas en una superficie determinada. Un rango de densidad de población equilibrado se encuentra entre los 220-350 habitantes por hectárea lo cual se traduce en un número de viviendas variable de acuerdo con cada ciudad. Valores mayores ocasionan problemas de congestión y supone costes para la población en términos de espacio público y de servicios.

Los valores menores, ocasionan problemas de aislamiento y conlleva mayor consumo de recursos. En este sentido, entra en la discusión el tema de los territorios dispersos. La ciudad dispersa de acuerdo con los autores, es aquel modelo urbano de baja densidad que presenta discontinuidad en sus partes, con poca diversidad, baja proximidad de usos y que ocupa las periferias, en su mayoría únicamente para vivienda unifamiliar, alejada de los centros urbanos y de los servicios básicos y equipamiento (Lehmann, 2010; Navarro, 2011; Muñiz, Calatayud & García, 2010; Arbury, 2005; citados en Hermida et al. (2015)).

La tendencia a la dispersión comenzó en las ciudades norteamericanas, luego de la segunda guerra mundial, cuando el crecimiento de las zonas residenciales o urbanizaciones a las afueras de la ciudad, pasó a simbolizar “el modo de vida americano”. La intención original fue el retorno a la vida del campo y una mejor calidad de vida, posteriormente, los modelos suburbanos fueron influidos y las políticas de vivienda, construcción de carreteras y la zonificación.

Las ciudades europeas por otro lado, han seguido un modelo de ciudad compacta, sin embargo, en los últimos años también han generado crecimientos dispersos en las periferias; favorecidos por el transporte público y el automóvil.

Para los países en desarrollo la situación es aún más compleja, los altos índices de pobreza y desigualdad han desplazado a las clases más pobres hacia la periferia. Las malas condiciones del servicio de transporte, seguido por las condiciones de las vialidades y su saturación han provocado que los procesos de expansión se den hacia la periferia y que esto genere altos costos de transporte

Las causas que contribuyeron a la dispersión de las ciudades: necesidad de traslado hacia las periferias como reacción a las malas condiciones de vida, contaminación y ruido de los centros urbanos, el avance de las tecnologías de la información, la adquisición de vehículos privados, la adquisición de viviendas en las periferias; agregando la participación de la mujer en el mercado laboral.

Los principales impactos se clasifican en económicos, sociales y ambientales. En primer lugar, los relacionados con la provisión de servicios básicos, la infraestructura y equipamientos que demandan las zonas alejadas de los centros urbanos; la contaminación y la seguridad ante la congestión ocasionado por el uso de la automóvil. En segundo lugar, la inequidad, riesgos en la salud, pérdida de sentido de comunidad, segregación, polarización, reclusión residencial, pérdida del espacio público y desigualdad en el acceso a la movilidad.

Con relación a los impactos ambientales, se destaca la pérdida de suelo natural, causada por su uso excesivo en las periferias, que deriva en disminución de biodiversidad, distorsión del ciclo hídrico, afectación a los valores paisajísticos y contaminación del agua y del suelo.

La densidad demográfica genera cambios en la estructura de la sociedad y se genera una competencia por el espacio que impone una lógica de ordenamiento territorial de acuerdo con las características propias de los individuos (Wirth, citado en Lezama (2002)).

Por otro lado, UNFPA (2007) sostiene que la concentración demográfica da lugar a una mayor sostenibilidad. Es decir, el uso del espacio en las ciudades, dada la concentración, es más eficiente. La dispersión urbana es el resultado de la combinación de diferentes tipos de presiones sobre la expansión territorial. Para CONAPO (2012) el indicador de densidad urbana se obtiene a partir de la densidad bruta (población/superficie) de las AGEB urbanas ponderadas por el tamaño de su población, refleja el grado en que se concentra espacialmente la población urbana del municipio.

### **Áreas verdes por cada 100 mil habitantes**

Mide las hectáreas de espacios verdes permanentes. Las áreas verdes funcionan como reguladores de los fenómenos hidrológicos en el tejido urbano, mejoran la calidad del aire, y proveen espacios de refugio para la fauna local. De acuerdo con los Principios del Urbanismo presentados por Le Corbusier en la Carta de Atenas

(1943) el crecimiento de las ciudades devora las superficies verdes, cuanto más crece la ciudad, menos se respetan las condiciones naturales, en las cuales se entiende la presencia de elementos indispensables para los seres vivos como el sol, espacio, vegetación.

El ensanchamiento de los núcleos urbanos ha privado al individuo del contacto con la naturaleza, lo que provoca un menoscabo de la salud, debilitando su cuerpo y arruinando su sensibilidad. “El sol, la vegetación y el espacio son las tres materias primas del urbanismo” (Le Corbusier 1943). El destino de las áreas verdes en la ciudad es el de sede de las actividades colectivas de la juventud y proveer de espacio para las actividades de las horas de descanso y recreación de los habitantes de las ciudades. Contrariamente a lo que ocurre en las “ciudades-jardín” de Cerdá, las superficies verdes emplazadas en las zonas habitacionales, no deben localizarse en zonas pequeñas de uso privado, sino que deben destinarse al desarrollo de actividades comunes.

Por otro lado, y en coincidencia con Le Corbusier, sobre el tema, el Libro verde del Medio Ambiente Urbano (2007) sostiene que la naturación urbana no debería limitarse a la evidente mejora del clima urbano que suponen las calles arboladas, sino que cumple un papel importante en la mejora de las condiciones de habitabilidad y calidad ambiental del entorno y cito: “La ciudad no puede aislarse de su entorno natural, encerrándose en un anillo de infraestructuras que detrae a su ciudadanía de contacto con la naturaleza próxima y transforma el espacio de

transición en un desordenado patio trasero para ubicar los usos que lo urbano no admite” (Gobierno de España, 2007).

Las superficies verdes de la ciudad deben localizarse insertas en el continuo urbano y asignarse a fines definidos: deben contener parques infantiles, centros juveniles o construcciones de uso comunitario y recreativo.

#### **4.3.2 Aspectos económicos y sociales**

**Bienes y TIC** (Internet, Teléfono celular, computadora, lavadora, televisión, refrigerador, automóvil)

Las variables consideradas para medir los aspectos económicos involucrados en la sostenibilidad, derivan de la relación entre las tecnologías de la información y las formas sociales de la organización económica, de acuerdo con Castells (2000) la evolución de la tecnología ha determinado la capacidad productiva de la sociedad y los niveles de vida. Las nuevas tecnologías de la información, al transformar los procesos del procesamiento de la información actúan en todos los dominios de la actividad humana, de lo cual surge una economía interconectada que conduce de manera virtuosa hacia una productividad y eficiencia mayores.

Los indicadores utilizados para medir calidad de vida en su dimensión privada, refieren a necesidades básicas insatisfechas, cuando se habla de la dimensión en su dimensión pública, esta se refiere básicamente a la accesibilidad tanto de la población, hogares y viviendas a mejoras en infraestructura básica de servicios y equipamiento comunitario.

Para la medición de la pobreza, se ha recurrido al módulo de Necesidades Básicas insatisfechas (NBI), método empleado en América Latina a partir de los cincuenta. Este método utiliza variables censales, por lo que permite su aplicación a distintas escalas territoriales. Entre las variables empleadas destacan: calidad de la vivienda, acceso a los servicios básicos, acceso a la salud y educación y ocupación del jefe del hogar<sup>29</sup>.

Para el caso de Argentina, se considera que un hogar es pobre si presenta alguna de las siguientes carencias:

1. Hacinamiento: más de tres personas por cuarto.
2. Vivienda inadecuada<sup>30</sup>: pieza de inquilinato, vivienda precaria u otro tipo, lo que excluye casa, departamento y rancho.
3. Condiciones sanitarias: ningún tipo de retrete
4. Menores no escolarizados: al menos un niño de 6 a 12 años que no asiste a la escuela.
5. Capacidad de subsistencia: cuatro o más personas por miembro ocupado y cuyo jefe de hogar no haya completado el tercer grado de escolaridad primaria

## **Vivienda**

Definida en materiales en pisos. En la variable vivienda, se establece su relación con la estrategia de desarrollo principalmente en América Latina. La vivienda es una necesidad básica de la población, que tiene lazos con la evolución de la

---

<sup>29</sup> Permite comparar la situación de los hogares con relación a un conjunto de necesidades específicas, se establece la dicotomía pobre-no pobre de los hogares.

<sup>30</sup> Aquella que no cumple con los requerimientos mínimos de confort y seguridad.

economía y la generación de empleo (Arriagada Luco, 2003). La variable material en pisos, no solamente revela las implicaciones en la calidad constructiva de la vivienda, sino que también revela las condiciones de salubridad de sus ocupantes, ya que el piso de tierra plantea mayor riesgo para la salud.

De acuerdo con Arriagada (2003), la vivienda es un factor de medición de bienestar y destaca su capacidad para satisfacer las necesidades básicas y los niveles de vida, además de ser un fuerte impulsor del empleo urbano en el sector de la construcción. Una tipología de identificación de la vivienda en la medición de la pobreza, NBI (necesidades básicas insatisfechas), la caracteriza como inadecuada. Con información censal se pueden obtener condiciones de hacinamiento, materiales inapropiados, abastecimiento inadecuado de agua, carencia de servicios de saneamiento eliminación de desechos.

La clasificación de la calidad material de las viviendas a través de los censos plantea dificultades, de acuerdo con Arriagada (2003) deben tenerse criterios específicos frente a situaciones precisas que combinan materiales de calidad ambigua con situaciones claramente precarias; tal es el caso de los muros de adobe y madera comparados con pisos de tierra.

## **Drenaje**

Vivienda con drenaje conectado a la red pública. Permite cuantificar las que no cuentan con un sistema de drenaje, evidencia la ubicación de zonas de riesgo para la salud humana y del medio ambiente CPV (2010).

**Agua.** Viviendas con agua entubada

La carencia de agua entubada constituye una situación de riesgo para la salud de la población, por la exposición al consumo de aguas contaminadas y, por lo tanto, se asocia con la incidencia de enfermedades diarreicas, cutáneas y oculares CPV (2010).

**Educación.** Grado promedio de escolaridad.

Constituye un desafío para las ciudades proveer de cobertura y calidad para elevar el capital humano, mejorar la accesibilidad de los servicios, de manera que la condición de pobreza se vea reducida.

**Energía eléctrica.** Viviendas con acceso a energía eléctrica. “Los servicios básicos tradicionales también son considerados como derechos humanos” (Sobrino, et al., 2015, p. 74)

**Salud.** Acceso a servicios de salud, derechohabiencia.

La salud es necesaria en el bienestar de las personas y se ve afectada por fenómenos como el envejecimiento poblacional, la migración, la transición demográfica y epidemiológica; ya que representan nuevos retos para el abastecimiento de servicios de salud, ya sea por poca accesibilidad o cobertura en barrios apartados o en condiciones de pobreza extrema.

Según Sobrino et al. (2015) “la infraestructura se concentra ineficientemente en el territorio”, lo anterior genera desigualdades espaciales, además ubica el nivel

de escolaridad, la edad, el lugar de residencia y la condición de pertenencia a un grupo indígena; como factores de desigualdad en materia de salud sexual y reproductiva. Por otro lado, con relación al tipo de enfermedad, las infecciosas, crónicas no transmisibles<sup>31</sup> se manifiestan en los grupos más vulnerables<sup>32</sup>.

#### **4.3.3 Aspectos de desarrollo urbano**

En las ciudades el acceso de la población a la infraestructura y los servicios, presenta desigualdades de acuerdo con la localización intraurbana de cada asentamiento (Moreno Pérez & Meixueiro Nájera, 2007). Dicho autor relaciona la transición demográfica del país con la demanda de suelo y servicios urbanos; en este sentido, sostiene que la transición demográfica que vive el país impacta directamente el tipo y volumen de las necesidades habitacionales actuales y futuras. El incremento de la población y su patrón de concentración, produce importantes y crecientes necesidades en la generación de empleos, pero también de vivienda.

Pérez (2013) define las infraestructuras como el conjunto de obras que soportan la configuración y funcionamiento de las ciudades, posibilitando el uso del espacio urbano. Se trata del conjunto de redes que conducen y distribuyen bienes y servicios fundamentales como agua, saneamiento, electricidad, comunicaciones, moviidades, entre otros. Sobre los servicios urbanos, se consideran las siguientes variables:

---

<sup>31</sup> Diabetes mellitus e hipertensión arterial (Catálogo de servicios de salud)

<sup>32</sup> Niños, ancianos y mujeres embarazadas en situación de pobreza y localización periférica.

**Incrementos en el desarrollo urbano.** Crecimientos en superficie (ha) de los municipios estudiados.

El concepto de expansión física, de acuerdo con Unikel (1976), da lugar a la anexión de localidades rurales o mixtas cercanas, conformando unidades urbanas de mayor tamaño que las originales. Este fenómeno metropolitano es parte del proceso de expansión física del centro hacia la periferia observado en las principales ciudades del país.

De acuerdo con Sobrino (2011, p. 2) el proceso de urbanización ha ido acompañado por la concentración de población en nuevas zonas metropolitanas, proceso que se ha caracterizado principalmente por: 1) importante descenso en la velocidad de crecimiento poblacional de la zona metropolitana de la Ciudad de México, 2) significativo crecimiento poblacional en las urbes de mayor tamaño dentro del rango de ciudades intermedias, 3) cambios en el patrón de la migración interna, con predominio de los flujos urbano-urbano, 4) consolidación de la dimensión metropolitana propiciando un cambio en el país de predominantemente urbano a preferentemente metropolitano, 5) emergente conformación de regiones urbanas, 6) institucionalización de la planeación territorial en el país.

#### **4.3.4. Variables sociodemográficas**

**Sexo, Edad y estructura.** Las condiciones de pobreza extrema en México no tienen un componente de género, según Sobrino et al. (2015), aunque se observan desigualdades acentuadas por edad.

Las variables demográficas permitirán identificar de acuerdo a la estructura por edades, las condiciones particulares de los sectores etarios de la población. Permitirán establecer comparaciones entre los contextos demográficos existentes en los municipios que conforman las zonas metropolitanas seleccionadas. Para profundizar en las variables sociodemográficas, se integra un apartado que describe ampliamente la relación que tiene la sostenibilidad con estas.

Con relación a la vulnerabilidad urbana, el termino expresa la susceptibilidad o posibilidad de ser afectado por alguna circunstancia. En términos urbanos y aplicados en un espacio social, se referiría a la potencialidad de que la población de un determinado espacio urbano concreto sea afectada por alguna circunstancia adversa, teniendo en cuenta determinadas condiciones de riesgo, fragilidad, desfavorecimiento o desventaja que harían posible su entrada a dicha situación crítica. En resumen, se trata de condiciones de desventajas de carácter estructural que afectan los espacios urbanos, que de acuerdo con Rodríguez (2001) se encuentran habitados, principalmente en sus áreas periféricas, por población vulnerable.

A continuación, se describen las variables que conforman la vulnerabilidad sociodemográfica:

**Hogares con jefatura femenina.** Población en hogares con jefatura femenina.

Rodríguez (2001) plantea que la fuente generadora de la vulnerabilidad es la transición demográfica, debido a que dicha transición se desarrolla en el marco de un

proceso de cambio social más profundo y conlleva ajustes ante los nuevos escenarios demográficos. La segunda transición demográfica conlleva aún más cambios, en primer lugar, implica las transformaciones en los patrones en matrimonios legales y maternidad; la edad a la primera unión se retrasa y la maternidad puede darse fuera del contexto de familias legalmente constituidas o esencialmente nucleares.

La unión consensual supera a la legal, el celibato como la nulipariedad son más frecuentes y se eleva la fragilidad de las familias con un incremento de los hogares uniparentales, los compuestos y la consecuente complejización de las responsabilidades de crianza, que quedan a cargo de la mujer volviendo los hogares hacia la vulnerabilidad social (Rodríguez Vignoli, 2001).

En este contexto, el posicionamiento de la mujer en el ámbito laboral y más aún, el incremento de la proporción de mujeres jefas de hogar, tiene efectos que en países en desarrollo reflejan un riesgo, por lo que la condicione de uniparentalidad debe ser incluida en los factores de vulnerabilidad demográfica.

### **Dependencia demográfica**

Se construye a partir de la suma de la población de 0 a 14 años y la de 65 y más, y cito: *“La dependencia supone una segmentación polar en el hogar entre individuos que, de una u otra forma, sostienen al hogar y otros que no contribuyen, al menos con recursos materiales a ese sustento”* (Rodríguez Vignoli, 2000, p. 21). Un número elevado de niños implica desventajas para el hogar, ya que los recursos

deben ser distribuidos entre una mayor cantidad de individuos que por su corta edad no están en condiciones de aportar recursos.

De acuerdo con Rodríguez (2000), la dependencia demográfica refleja los recursos humanos de que dispone el hogar para solventar su mantenimiento o encarar las adversidades, por lo que es un factor de vulnerabilidad demográfica.

**Escolaridad de mujeres** (Población femenina de 18 años y más con educación posbásica)

**Promedio de ocupantes en viviendas particulares habitadas** (viviendas con hacinamiento).

Los hogares más numerosos serán más vulnerables, estos experimentan mayores requerimientos, un mantenimiento más costoso y una capacidad de acumulación menor.

#### **4.3.5 Índice de sostenibilidad urbana (ISU)**

El ISU fue construido a partir de la agregación de variables relacionadas con el acceso de la vivienda a los servicios básicos urbanos y a los bienes y tecnologías de la información. Se optó por utilizar un indicador que represente, en síntesis, las condiciones de sostenibilidad de la población al tener o no acceso a dichos servicios.

El Índice de Sostenibilidad Urbana (ISU) mide el grado de sostenibilidad de un territorio, se expresa a través de la siguiente ecuación:

$$E(\text{ISU}) = \sqrt[12]{E(X_1) * E(X_2) * E(X_3) * E(X_4) * E(X_5) * E(X_6) * E(X_7) * E(X_8) * E(X_9) * E(X_{10}) * E(X_{11}) * E(X_{12})};$$

$$0 \leq E(\text{ISU}) \leq 100$$

Donde:

- ISU es el valor esperado del Índice de Sostenibilidad Urbana
- $E(X_1)$  es el valor esperado del porcentaje de viviendas con acceso a electricidad.
- $E(X_2)$  es el valor esperado del porcentaje de viviendas con acceso al agua potable dentro de la vivienda.
- $E(X_3)$  es el valor esperado del porcentaje de viviendas con acceso a drenaje.
- $E(X_4)$  es el valor esperado del porcentaje de viviendas con acceso a radio.
- $E(X_5)$  es el valor esperado del porcentaje de viviendas con acceso a televisión.
- $E(X_6)$  es el valor esperado del porcentaje de viviendas con acceso a refrigerador.
- $E(X_7)$  es el valor esperado del porcentaje de viviendas con acceso a lavadora.
- $E(X_8)$  es el valor esperado del porcentaje de viviendas con acceso a automóvil.
- $E(X_9)$  es el valor esperado del porcentaje de viviendas con acceso a computadora personal.
- $E(X_{10})$  es el valor esperado del porcentaje de viviendas con acceso a teléfono.
- $E(X_{11})$  es el valor esperado del porcentaje de viviendas con acceso a celular.
- $E(X_{12})$  es el valor esperado del porcentaje de viviendas con acceso a internet.

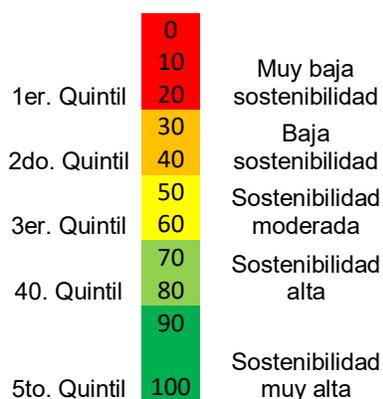
Las variables enlistadas, sintetizan el resultado de un primer esfuerzo de selección de variables para la identificación y caracterización de áreas con baja sostenibilidad urbana en el contexto actual de la ZMP.

Siguiendo con la parte metodológica, si  $0 \leq E(\text{ISU}) \leq 100$ , entonces el valor esperado  $E(X_i)$  de cualquiera de sus elementos también tiene un valor entre 0 y 100. El ISU permite identificar cinco categorías de sostenibilidad urbana en los municipios centrales de la ZMP: *Muy baja, Baja, Moderada, Alta y Muy alta*.

En el cuadro 2, puede observarse que en la medida que el acceso a servicios urbanos básicos y bienes de la tecnología y la información, de la población de las viviendas que se asientan en las AGEB seleccionadas en el presente análisis. Si se acerca a 100, el grado de sostenibilidad es mayor, lo cual se traduce en una calidad de vida mayor.

El grado de sostenibilidad urbana se determina de acuerdo a los siguientes quintiles:

**Cuadro 2. Termómetro del Índice de Sostenibilidad urbana**



Fuente: Elaboración propia

Una vez construido el ISU, se realizará el Análisis Exploratorio de Datos Espaciales (AEDE), que permitirá determinar la existencia de agrupamientos en el territorio de variables correlacionadas espacialmente.

#### **4.4 Análisis exploratorio de datos espaciales (AEDE)**

En años recientes han surgido nuevas herramientas para comprender los fenómenos sociales en el territorio, tal es el caso del análisis espacial; esta herramienta integra la estadística, la informática, matemáticas aplicadas y los sistemas de información geográfica. El hilo conductor de los estudios realizados a partir de este método, es la explicación estadística mediante métodos de análisis del espacio y el tiempo (Garrocho-Rangel, 2016).

La justificación metodológica para el empleo de las herramientas de análisis espacial (AEDE), es la observación del comportamiento de las unidades de análisis en el territorio, de tal manera que pueda observarse si ciertas características de un fenómeno se repiten en unidades vecinas. Posteriormente, al correr un modelo de regresión múltiple, por el método de mínimos cuadrados ordinarios MCO; se estaría violando uno de los principios, que sostiene que no debe existir correlación entre las observaciones. Por lo anterior, y como se observará más a detalle en el análisis metodológico, es necesario llevar a cabo correcciones, para disminuir los efectos de este supuesto.

El apartado metodológico de la investigación combina métodos de análisis espacial que incluyen: 1) la construcción de un indicador de sostenibilidad urbana a partir de un modelo determinístico; 2) la aplicación de técnicas de análisis

exploratorio de datos espaciales (AEDE) mediante el indicador global (I Moran) e indicadores locales de análisis espacial (LISA) para localizar agrupamientos y relación espacial de las variables; finalmente 3) se corre un modelo de regresión múltiple ajustado con un modelo de regresión espacial.

Los estadísticos de autocorrelación espacial hacen posible medir la interdependencia en una distribución espacial y el uso de métodos para probar hipótesis relacionadas con la interdependencia espacial (Odland, 1988).

El análisis espacial se puede definir como el estudio de los fenómenos y su expresión en el espacio (Anselin, 1996). Existe una interconexión entre el entramado social y el espacio en el que se desarrolla, Anselin lo denomina *spatial externalities*. Por lo que cualquier acción que se lleva a cabo en una unidad espacial, en este caso un vecindario, tiene efectos en él y más allá de sus límites (spatial multiplier), la regresión espacial busca medir la intensidad de dicho multiplicador en las demás unidades espaciales vecinas. De esta forma, si se lleva a cabo una acción en un área particular, los efectos irán más allá de esa área.

En la realidad actual, se registran cambios que afectan la organización de la población, por lo que son necesarios análisis cada vez más complejos de las transformaciones sociales, económicas, ambientales y culturales en el territorio. La importancia de la localización física de los fenómenos estudiados en las ciencias sociales radica en la existencia de dependencia entre los datos de una misma variable involucrada en dicho fenómeno. La dependencia espacial “*se produce*

*cuando el valor de una variable en una localización espacial es función del valor de la misma variable en unidades vecinas”* (Garrocho-Rangel, 2016, p. 5).

Una fuente importante de información en los estudios empíricos de las ciencias sociales, son los atributos de ubicación. Dichos datos consisten en observaciones de unidades como hogares, unidades espaciales, asentamientos, distritos electorales, estados o incluso países. Según Anselin (1992) la ubicación de las unidades mencionadas da lugar a dos efectos espaciales: 1) la dependencia espacial y 2) la heterogeneidad espacial.

1) El primero, también llamada autocorrelación espacial se deriva de la Primera Ley de Tobler, según la cual: "Todas las cosas están relacionadas entre sí, pero las cosas más próximas en el espacio tienen una relación mayor que las distantes" (Tobler, 1970, p. 236).

La dependencia espacial es también vista como un caso especial de dependencia cruzada, en el sentido de que las estructuras de la correlación entre las variables aleatorias en diferentes ubicaciones son determinados por la posición relativa de las observaciones en el espacio geográfico (Anselin, 2010). La dependencia espacial implica que la información para una unidad espacial se encuentra relacionada y es similar a la información de unidades cercanas en un modo espacialmente identificable (Getis, 2005).

En las ciencias sociales, especialmente en ciencias económicas, existen interacciones entre los individuos y el espacio en el que se desarrollan, son llamadas *peer-effects*, *neighborhood effects*, *spatial spillovers* y *network effects* (Anselin, 2010)

que puede explicarse al encontrarse valores similares en las variables con ubicaciones cercanas, lo que conlleva al agrupamiento espacial. En otras palabras, existe una relación directa entre cada individuo y los otros con los que convive o con los que vive cerca, a este comportamiento se le denomina autocorrelación espacial.

La autocorrelación espacial existe cuando una variable muestra un patrón en el espacio en el cual, los valores en un grupo de ubicaciones, depende de los valores que tiene la misma variable en otras ubicaciones (Odland, 1988). Además, estos métodos proveen maneras de investigar la organización y la estructura de un fenómeno en el espacio, es posible obtener información del mismo en su ubicación absoluta o relativa; la correlación espacial provee los medios para emplear los métodos de inferencia estadística para comprobar una hipótesis por medio de patrones o agrupamientos en un mapa.

La autocorrelación espacial permite utilizar procedimientos estadísticos para medir la dependencia entre valores cercanos en una distribución espacial, pruebas de hipótesis relacionadas con variables geográficamente distribuidas y desarrollo de modelos estadísticos de patrones espaciales. La hipótesis de que “los valores se encuentran aleatoriamente distribuidos en el espacio”, puede ser puesta a prueba y expresarse como “los valores siguen una estructura o distribución en el espacio” (clúster o agrupamientos). Cuando los datos son representados por un mapa, la autocorrelación que provee el mapa, no solo contiene información acerca de los valores de las variables, sino también de como dichos valores se disponen en el territorio (Odland, 1988).

Además de su localización absoluta, en el análisis espacial se considera la posición relativa o disposición espacial de las observaciones, que expresa la interacción entre unidades de observación. Para cada punto, una observación o vecino se define como aquellas observaciones que lo rodean y que interactúan con él, por lo que se espera que los valores en esas ubicaciones influyan en los valores observados del punto original. La definición de dichos vecinos no es arbitraria, ya que deriva de la Primera Ley de la Geografía de Tobler, mencionada anteriormente.

En consecuencia, dos unidades pueden o no ser vecinas, de acuerdo con el principio de contigüidad binaria. Las observaciones en la contigüidad se definen por una matriz de pesos espaciales ( $W$ ).

Dicha disposición es expresada por una función que asigna valores a pares de localizaciones en secuencia de manera que expliquen su localización con respecto a otra. Esta función se denomina “weighting function”<sup>33</sup>, y permite obtener un mapa de regiones expresado en pesos numéricos, especificando el peso para un par de regiones  $i$  y  $j$  son vecinos o no (cercanía).

Los elementos  $w_{ij}$  de la matriz de pesos  $W$  toman un valor diferente de cero cuando las observaciones  $i$  y  $j$  son vecinas, y cero en el caso contrario. Cada elemento de  $w_{ij}$  de  $W$  es dividida por la suma de su fila para arrojar valores entre 0 y 1 (Anselin, 1992).

---

<sup>33</sup> “Weighting function” es un conjunto de reglas para asignar valores a pares de valores o lugares para representar su distribución en el espacio.

El AEDE se conforma por métodos que permiten visualizar la distribución espacial de las variables, estimar la presencia de agrupamientos y la localización de patrones de comportamiento en el espacio y desarrollar modelos explicativos que consideren su distribución. Los métodos para el análisis espacial a realizar son: 1) Análisis Exploratorio de Datos Espaciales (AEDE); y 2) Modelos de Regresión MCO y Regresión Espacial.

El AEDE puede definirse como:

*“un conjunto de técnicas que describen y visualizan las distribuciones espaciales de ciertos fenómenos, en los cuales se identifican localizaciones atípicas o “atípicos espaciales” (spatial outliers), se descubren esquemas de asociación espacial, agrupamientos (clusters) o puntos calientes (hot spots) y sugieren estructuras espaciales u formas de heterogeneidad espacial”.*

Anselin, 1999 (citado por Chasco,2003).

Con información del Cuestionario Básico del Censo de Población y Vivienda (2010) por AGEB, en el presente apartado, se busca analizar la relación espacial entre el índice de sostenibilidad urbana (ISU) y las tres dimensiones de la sostenibilidad urbana: poblacional (vulnerabilidad sociodemográfica XA), condiciones generales de la vivienda (dimensión socioeconómica) y las condiciones físicas del entorno (dimensión desarrollo urbano) en el área de estudio.

El AEDE y los Modelos de Regresión Espacial se realizarán con el software Geoda<sup>34</sup>, se pretende obtener dónde ocurre la sostenibilidad urbana, pero también

---

<sup>34</sup> GeoDa es una marca registrada propiedad de Luc Anselin. GeoDa es una colección de herramientas de software diseñadas para el análisis exploratorio de datos espaciales (ESDA).

qué tipo de distribución presentan (clúster o dispersión) y obtener modelos explicativos de dicha distribución. Geoda es un software abierto elaborado por el Geoda Center for Geospatial Analysis and Computation, de la Universidad Estatal de Arizona.

Para localizar la autocorrelación espacial en el área de estudio, se empleará el I de Morán y los Indicadores Locales de Asociación Espacial (LISA por sus siglas en inglés). El primero de ellos es un estadístico global que utiliza una matriz de pesos espaciales que determina el grado de asociación entre las observaciones basado en los vecinos más cercanos alrededor de cada unidad geográfica. El valor de cada unidad es comparado con el peso del promedio de los valores vecinos, un archivo de pesos identifica los vecinos (Anon., s.f.). La fórmula para cada peso es la siguiente:

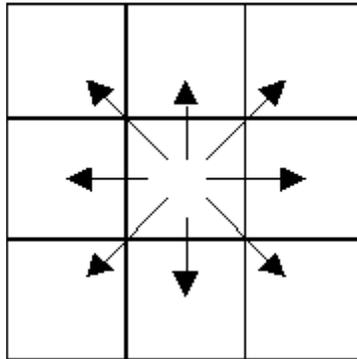
$$w_{ij} = \frac{c_{ij}}{\sum_{j=1}^N c_{ij}}$$
 con  $c_{ij}=1$  donde  $i$  está relacionado con  $j$ , y  $c_{ij} = 0$  en el caso contrario.

Existen tres tipos de matrices de pesos: Contigüidad, distancia y vecino k-cercano. Como en la mayoría de los análisis espaciales se emplea la definición de continuidad, también es llamado *rook contiguity* o *queen contiguity*. La contigüidad se refiere a que polígono es seleccionado como vecino para cada polígono del objeto (véase gráfico 13).

Una vez realizada la matriz de pesos, se calcula el I de Moran. La autocorrelación global provee una medición de los atributos de una región como un todo. La fórmula para su cálculo es la siguiente:

$$I = \frac{N}{\sum_i \sum_j W_{ij}} \times \frac{\sum_i \sum_j W_{ij} (y_i - \bar{y})(y_j - \bar{y})}{\sum_i (y_i - \bar{y})^2}$$

**Gráfico 13. Definición de continuidad**



Queen's case

Fuente: Anselin (1992)

En donde hay N unidades, el valor del atributo para cada unidad  $i$  es  $y_i$ , y  $w_{ij}$  es el peso (o conectividad) para las unidades  $i$  y  $j$ ; define si las unidades  $(i,j)$  son vecinas. Para las regiones con no cercanía, el peso es cero, lo que significa que no existe correlación.

Para medir la autocorrelación existente en el área de estudio, se emplea el I. de Moran, permite identificar la conectividad entre un conjunto de regiones o el grado de asociación espacial. Es el indicador más utilizado para determinar la autocorrelación espacial; se mide de manera global para determinar una tendencia en la forma en que una variable se distribuye en el espacio.

Los datos se agrupan de acuerdo a su valor; cuando se observa que los valores altos se localizan cerca de otros valores altos y los bajos siguen el mismo comportamiento, se dice que existe una autocorrelación espacial positiva. Por otro lado, cuando los valores altos y bajos se encuentran cercanos uno del otro, se dice

que exhiben una autocorrelación espacial negativa (Fotheringham & Brunsdon , 1999).

El Índice de Moran se representa a través de un diagrama que consta de cuatro cuadrantes que corresponden a los lugares en los cuales se encuentran representados los valores (Sánchez Salinas & Fuentes Flores, 2016). En el cuadrante superior derecho se presentan las zonas de alta incidencia del fenómeno, en el cuadrante inferior izquierdo las zonas de baja incidencia (ambos casos indican correlación espacial positiva). Los cuadrantes restantes indican correlación espacial negativa.

Valores del I Moran +1, indican autocorrelación espacial positiva, 0 indica ordenamiento espacial aleatorio y -1 indica autocorrelación espacial negativa.

Según Anselin (2018), la inferencia para I de Moran tiene como base de análisis una hipótesis nula de aleatoriedad espacial. Dicha hipótesis plantea la existencia de aleatoriedad en la distribución de los datos, usando el supuesto de normalidad o aleatorización.

Formalmente I. Moran para N observaciones en una variable x, con la observación xi en la ubicación i, se expresa según Anselin (1992) como:

$$I = (N/S_0) \sum_i \sum_j w_{ij} (x_i - \mu)(x_j - \mu) / \sum_i (x_i - \mu)^2$$

Donde:  $\mu$  es la media de la variable x,  $w_{ij}$  son los elementos de la matriz de pesos y  $S_0$  es un factor normalizador igual a la suma de los elementos de la matriz de pesos:

$$S_0 = \sum_i \sum_j w_{ij}$$

La inferencia del I. Moran se basa en la hipótesis nula de aleatoriedad, la distribución del estadístico bajo la hipótesis nula puede ser derivada utilizando un supuesto de normalidad <sup>35</sup>. I. Moran es utilizado para probar la hipótesis de que la autocorrelación espacial de una variable es cero, si la hipótesis nula es rechazada, se dice que la variable se encuentra espacialmente auto correlacionada (Ord & Getis, 1995).

Si la autocorrelación existe, según Ord & Getis (1995) deberá exhibir las características similares entre regiones contiguas, en este caso, cercanas en distancias físicas. Sin embargo, “distancia” puede tener diversas interpretaciones, como tiempo de viaje, distancia conceptual o cualquier medida que pueda ser representada por un punto en el espacio.

Una característica del I. Moran es que muestra una visión global de la autocorrelación espacial en el área de estudio, sin embargo, en Getis & Ord (1992) se presentan nuevas herramientas para medir la asociación en una variable distribuida, que permitirá localizar puntos importantes de dependencia que no pueden percibirse utilizando estadísticos globales. En Cliff and Ord (1972) (citado en Anselin (2010), se menciona que también puede ser empleado en los residuales en una regresión ordinal por mínimos cuadrados ordinarios.

2) El segundo efecto espacial, la heterogeneidad, se refiere a la diferenciación espacial o regional derivada de la singularidad de cada ubicación, se emplea en los

---

<sup>35</sup> Variables aleatorias normales independientes, es decir, es probable que cada valor ocurra en cualquier ubicación

análisis de corte transversal y se considera solamente respecto a la dimensión temporal y a la inestabilidad sistemática que puede existir en diferentes puntos del espacio (Anselin, 1992).

Dicha heterogeneidad puede observarse en aspectos variados del análisis estadístico, tales como la forma en que las distribuciones se comportan en el espacio, o variaciones en los conjuntos de datos que se ven reflejados en diferencias en la media o mediana entre los datos del centro o la periferia de una ciudad; los comportamientos pueden ser identificados según su ubicación (ibídem).

La heterogeneidad puede ser clasificada de acuerdo con Anselin (2010) como discreta y continua. La heterogeneidad continua especifica como los coeficientes de la regresión cambian en el espacio, cada uno siguiendo una forma predeterminada (también llamado método de expansión espacial) o determinada a través de los datos en un proceso de estimación local (como en la regresión geográficamente ponderada).

#### **4.5 Indicadores Locales de Autocorrelación Espacial (LISA)**

A diferencia del I. Moran global, los indicadores locales de asociación espacial (ILAE) permiten identificar puntos no estacionarios (*hot spots*) o agrupamientos espaciales locales (Longley & Tobon, 2003) y medir la influencia de localizaciones individuales en estadísticos globales.

De acuerdo con Anselin (1995) ILAE, es un estadístico que satisface las siguientes dos características: en primer lugar, para cada observación indica el grado

de significancia espacial de agrupamiento de valores similares alrededor de esa observación. En segundo lugar, la suma de los indicadores locales de asociación espacial para todas las observaciones, es proporcional al indicador global de asociación espacial.

Los indicadores locales de asociación especial proveen una medida, para cada unidad en el área de estudio; de la tendencia que tiene en un valor correlacionado con las unidades vecinas. El análisis de autocorrelación espacial se basado en el estadístico ILAE, el cual mide la asociación espacial de cada localización individual (Anselin, 1995).

$$I_i = z_i \sum_j w_{ij} z_j$$

Donde:  $z_i$  y  $z_j$  son anotaciones de valores de los atributos para las unidades  $i$  y  $j$ , y  $j$  está rodeado por unidades vecinas de  $i$  de acuerdo con la matriz de peso  $w_{ij}$ .

Para medir el grado de agrupamiento existente en las observaciones, los ILAE consideran el valor que tienen las observaciones vecinas y los comprueba mediante pruebas de hipótesis (Anselin, 1995). Los resultados que muestran la existencia de agrupamientos pueden representarse mediante mapas, en los que se pueden identificar zonas de alta o baja concentración del fenómeno estudiado, así como zonas disímiles.

El análisis local de autocorrelación espacial basado en Indicadores Locales de Autocorrelación Espacial (LISA) mide la asociación espacial entre el valor que una

variable asume en la unidad  $i$  y los valores que asume con relación a las AGEb vecinas. LISA permite identificar agrupamientos locales alrededor de una localización individual y proporciona la presencia de no estacionalidad espacial y sugerirá la presencia de puntos atípicos. Los indicadores de asociación espacial se expresan con la ecuación (Fuentes Flores & Hernández Hernández, 2013):

$$L_i = f\left((y_i - y_{ij})\right)$$

En donde:  $f$  es una función,  $y_i$  son los valores observados en la unidad espacial  $ji$ . A partir de lo anterior, es posible inferir el valor estadístico de los patrones de asociación espacial, la cual se operacionaliza con la expresión:

$$Prob[L_i > \delta_i] \geq \alpha_i$$

Donde:  $\delta_i$  es el valor crítico y  $\alpha_i$  es el cambio significativo. El indicador global se expresa:

$$\sum_i L_i = \gamma \wedge$$

En donde:  $\wedge$  es el indicador de asociación global de asociación espacial;  $\gamma$  es un factor de escala (suma de los indicadores locales).

Finalmente, ya se ha determinado que existe autocorrelación espacial alta y significativa en las variables estudiadas. Sin embargo, es necesario ahondar más en las variables consideradas en el modelo de regresión, para obtener con exactitud cuáles de las variables consideradas, tienen influencia positiva o negativa en la sostenibilidad urbana.

Para determinar la dicha influencia de las variables, en la sostenibilidad urbana, se construye un modelo de regresión lineal múltiple, que se estima mediante la técnica de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO).

Las variables a considerar, de acuerdo con los componentes de la sostenibilidad urbana se muestran en el cuadro a continuación.

**Cuadro 3. Variables consideradas en el Modelo MCO 1**

Variable	Descripción
%pob	Porcentaje de población
%dep_dem	Porcentaje de dependencia demográfica
%p18ym_pb	Porcentaje de población de 18 años y más con educación pos básica
graproes	Grado promedio de escolaridad
%phogjef_f	Porcentaje de población en hogares con jefatura femenina
%vph_pisodt	Porcentaje de viviendas particulares habitadas con piso diferente de tierra
%vph_1cto	Porcentaje de viviendas particulares habitadas de 1 cuarto
Dens_hab	Densidad habitacional
Dens_pob	Densidad poblacional

Fuente: Elaboración propia

#### 4.6 Modelo de Regresión MCO y Regresión Espacial

ILAE proveen medios para identificar las zonas correlacionadas, también una indicación de la intensidad de la relación que es provista por una autocorrelación global. Si la variable dependiente se encuentra correlacionada con los valores de las localizaciones vecinas, entonces la dependencia espacial puede ser formalmente modelada como un modelo de autoregresión espacial (Longley & Tobon, 2003):

$$y_{N \times 1} = X_{N \times k} \beta_{k \times 1} + \rho(Wy)_{N \times 1} + \epsilon_{N \times 1}$$

Dónde:  $y$ , es la variable dependiente en el vector de longitud  $N$ ;  $X$  es una matriz de  $N$  observaciones,  $K$  son las variables explicativas;  $\beta$  es un vector que comprende  $K$

coeficientes de regresión; y  $\epsilon$  es un vector que comprende los errores aleatorios para cada observación N.

### **Regresión por Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO)**

La regresión lineal es una técnica para formalizar las relaciones entre la variable dependiente y un conjunto de variables explicativas. El propósito general de la regresión lineal es encontrar una relación lineal entre la variable dependiente y las variables explicativas, se define por (Longley & Tobon, 2003):

$$y_{Nxi} = X_{Nxi} \beta_{Kxi} + \epsilon_{Nxi}$$

La diferencia entre el valor actual para una observación y el valor pronosticado por un modelo estadístico se conoce como un error o residuo (Odland, 1988). Los modelos estadísticos son evaluados mediante dos criterios generales: 1) los errores deben ser pequeños. El modelo necesita ser corregido si es que no explica como el fenómeno se organiza en el espacio. 2) Los errores deben ser independientes. La autocorrelación en los errores indica que el modelo de regresión falla en la condición de independencia, por lo que no es una base confiable para realizar inferencias estadísticas y debe ser corregido antes de servir de base para pruebas de hipótesis.

Según Odland (1988), la autocorrelación espacial no se encuentra relacionada con el primer criterio, sin embargo, la independencia de los errores es una condición que el modelo de regresión debe cumplir antes de aplicarse para evaluar la hipótesis de existencia de autocorrelación espacial.

El MCO estima  $\beta$  minimizando la suma de los errores al cuadrado, con la idea de obtener la propiedad denominada BLUE (Best Linear Unbiased Estimator, por sus siglas en inglés) y realizar inferencias estadísticas que resulten en suposiciones eficaces acerca del error aleatorio de la ecuación de regresión, lo anterior incluye: en primer lugar, los errores aleatorios tienen media cero. En segundo lugar, los errores aleatorios tienen una varianza constante (homoscedasticidad) y no están correlacionados. Por último, los errores aleatorios siguen una distribución normal.

El modelo MCO provee los mejores estimadores lineales insesgados  $\beta$  asumiendo que el término de error aleatorio no se encuentra correlacionado y distribuido como una normal, con media cero y varianza constante (Longley & Tobon, 2003).

Las afirmaciones anteriores no se cumplen necesariamente en la práctica. Por el contrario, se observa la existencia de dependencia espacial en las variables y los errores cuando se observa un valor en una localización que depende de la localización de los valores de sus vecinos. Esta situación puede explicarse por dos premisas, según Anselin (2003), la primera nos dice que las observaciones asociadas con las unidades espaciales reflejan una medición de error, esto se debe a errores en los límites en el momento del levantamiento de la información que no reflejan apropiadamente a la muestra.

La segunda razón que explica la existencia de dependencia espacial, es que las características sociales y económicas deben ser de importancia en el estudio del

fenómeno en cuestión (efectos de difusión o interacción espacial). Anselin define dos tipos de dependencia espacial:

1. Error espacial (Spatial error). En el que los errores de las unidades se encuentran correlacionadas. El supuesto de que los errores no están correlacionados es violado, por lo que los estimadores son ineficientes.
2. El rezago espacial (Spatial lag). En el que la variable dependiente y en la localización  $i$  es afectada por las variables independientes en la localización  $j$ . con la regresión MCO, el supuesto de términos no correlacionados es violado. Además, el supuesto de independencia de las observaciones también es violado, como resultado, los estimadores serán sesgados e ineficientes. El rezago espacial también puede considerarse un proceso de difusión, en el que los eventos en una localización, incrementan la similitud de eventos similares en localizaciones vecinas.

La existencia de dependencia espacial en el modelo de regresión puede medirse mediante seis estadísticos: 1) la significancia de I. Morán, que indica la existencia de fuerte correlación espacial en los errores; 2) simple LM, que prueba la ausencia de la variable dependiente espacialmente rezagada (Lagrange Multiplier, *lag*); 3) el LM simple, mide la dependencia de los errores<sup>36</sup> (Lagrange Multiplier, *error*); 4 y 5) variantes de los dos anteriores (Robust LM, *lag* y Robust LM *error*) que prueban la dependencia de los errores en presencia de una variable dependiente espacialmente rezagada y; 6) SARMA, en la suma de Lagrange Multiplier (*error*) y Robust LM (*lag*).

---

<sup>36</sup> La autocorrelación en los errores significa que el error de cada localización, depende de los errores de otras localizaciones (Odland, 1988)

La significancia de las pruebas de error observadas en el modelo, indican la presencia de dependencia espacial, ayudan a descubrir con qué tipo de dependencia espacial se debe trabajar, con la intención de corregir el modelo de MCO original.

El modelo de regresión se estima con Geoda, el software provee herramientas que permiten determinar el tipo de correlación espacial se encuentra presente en la información y que modelo emplear (véase en anexos la operacionalización y definición de las variables empleadas).

La existencia de un patrón significativo de agrupamiento luego de las pruebas de autocorrelación espacial realizadas, es solo el primer paso en el análisis de datos espaciales. El análisis anterior muestra que las observaciones se encuentran agrupadas no aleatoriamente, pero no explica por qué ocurre dicha agrupación; ni qué factores determinan su forma e intensidad Anselin (1992). En otras palabras y de acuerdo con Anselin (1992), la hipótesis de autocorrelación espacial es muy vaga y solo nos dice como las observaciones en cada ubicación, son influenciadas por los valores de ubicaciones vecinas.

Anselin (1992) provee dos opciones para analizar la dependencia espacial encontrada en el Modelo de Regresión (MCO). La primera es la existencia de autocorrelación del término del error, este modelo asume que la dependencia espacial de la variable dependiente es resultado de la distribución geográfica de las variables explicativas y de la autocorrelación del error; se corrige con el Modelo Espacial del Error (estimada con máxima verosimilitud).

La segunda es el tipo de autocorrelación substantiva, que se presenta cuando el valor que toma la variable dependiente (ISU) en cada AGEBA está determinado por el valor que este asume en las unidades vecinas; se corrige con el Modelo Espacial Lag (considera la dependencia espacial introduciendo la variable espacial lag<sup>37</sup>).

Una vez estimado el modelo MCO, Geoda permite determinar qué modelo es necesario tomando como referencia los diagnósticos espaciales que arroja. Para seleccionar el modelo a correr para realizar la corrección de la autocorrelación espacial es necesario observar en la tabla de resultados el valor mayor del coeficiente del Multiplicador de Lagrange (Lag) o el del Multiplicador del Error (Error) y seleccionar el mayor, en otro caso, el que sea significativo y mayor.

En el siguiente capítulo se presentan los principales resultados obtenidos de la construcción del modelo de regresión MCO y regresión espacial, así como su representación en mapas.

---

<sup>37</sup> Derivada de la matriz de pesos realizada

## **5. Cómo lograr la sostenibilidad en los municipios centrales de la Zona Metropolitana de Pachuca**

### **5.1 Implementación y análisis de resultados del modelo para construir el ISU**

En este apartado, se realiza una descripción del Índice de Sostenibilidad Urbana en los 293 AGEB seleccionadas de la zona metropolitana de Pachuca; y del área de estudio en general. Para su mejor interpretación, dichos resultados se representan mediante mapas que se han elaborado con sistemas de información geográfica.

### **5.2 Descripción del Índice de Sostenibilidad Urbana (ISU)**

De acuerdo al análisis realizado, el 8.8 por ciento de las AGEB seleccionadas se encuentran en el grado de sostenibilidad muy baja, el 21.16 por ciento se ubica en sostenibilidad baja.

Esas áreas de sostenibilidad baja y muy baja, son aquellas en las que existe agrupamiento espacial en áreas periféricas, se estima que estas zonas se encuentran asociadas a viviendas de estratos económicos bajos y de bajos niveles de escolaridad.

Por otro lado, el 49.5 por ciento se encuentra en condición de sostenibilidad moderada, mientras que el 20 por ciento se encuentra en el rango de sostenibilidad

alta y solo el 0.34 por ciento de las AGEB seleccionadas puede medirse como sostenibilidad muy alta.

De manera general, la media del Índice de Sostenibilidad Urbana es de 46.05, lo cual refleja que gran parte de la población urbana de los municipios centrales de Pachuca, no tiene acceso a los servicios urbanos básicos ni a bienes y tecnologías de la información y se encuentra en condiciones de sostenibilidad moderada.

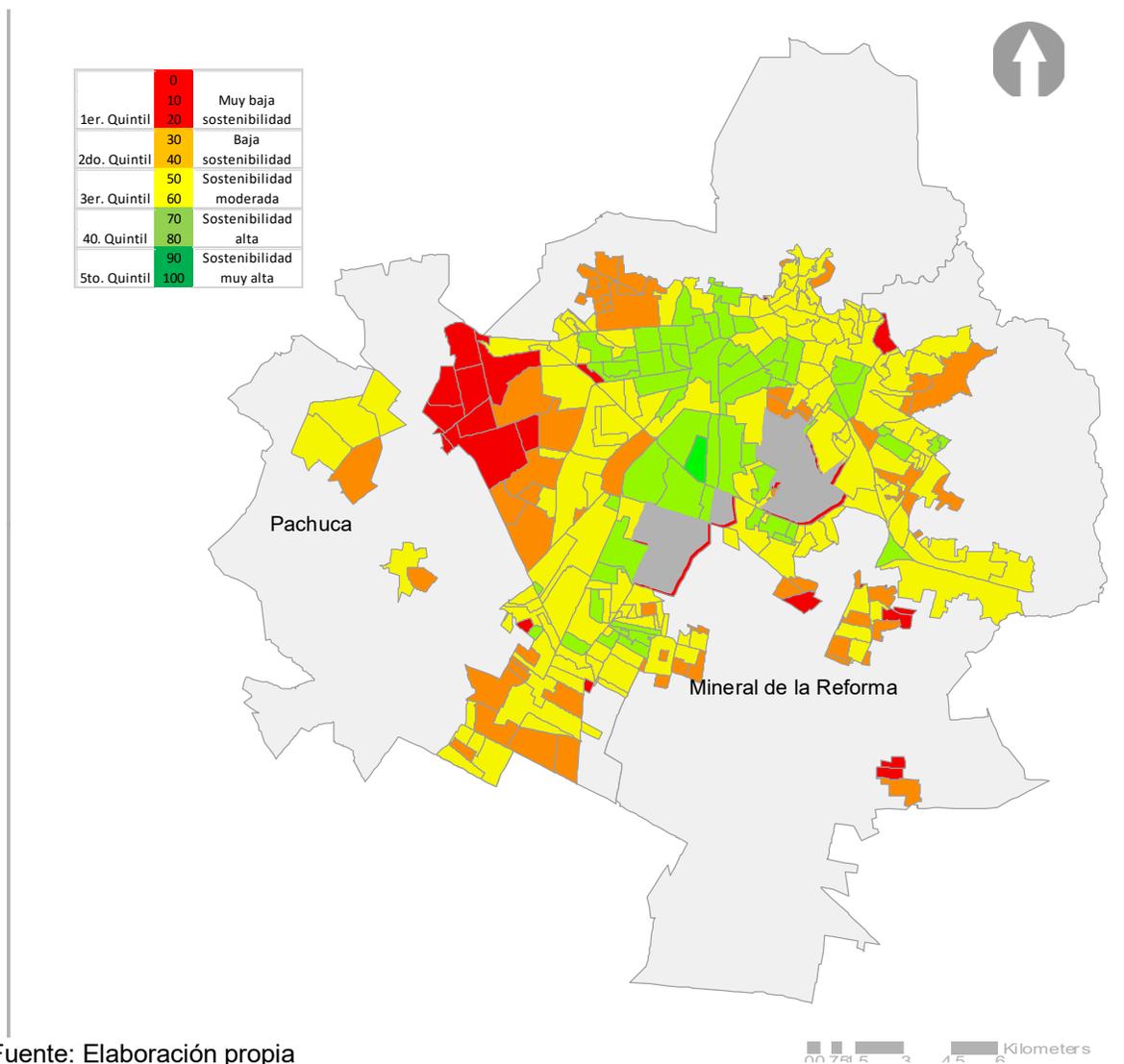
El gráfico 14 muestra el agrupamiento espacial del índice de Sostenibilidad Urbana, los AGEB en color verde muestran los sectores del territorio con mejor acceso a los servicios básicos, con grado de sostenibilidad alta. Dichos sectores, se localizan en las colonias centrales de la ciudad y en algunas zonas dispersas de nivel residencial, tales como las colonias San Javier, Constitución, Real de Minas, Lomas de Vista Hermosa, Real del Valle, Rinconada Santiago, Club de Golf, entre otras.

Dentro del rango de sostenibilidad moderada, se encuentran las AGEB localizadas en las colonias Quinta Bonita, Venta Prieta, Villas del Alamo, Santa Julia, San Antonio, Parque de poblamiento, Ex Hacienda de Coscotitlán, Fraccionamiento Real de Medina, Fraccionamiento Real del Oriente y Real de la Plata, entre otras.

Cabe mencionar la agrupación espacial de los valores más bajos del índice, las AGEB con sostenibilidad baja y muy baja se localizan en la periferia de la zona urbana principalmente al noroeste del área de estudio.

Algunas colonias en las cuales se agrupan AGEB con sostenibilidad baja son: 20 de Noviembre, La Palma, La Unión, Rinconada San Antonio, Renacimiento, Ampliación San Bartolo, Ramos Arizpe, Nopancalco, Cubitos, Dos Carlos, Carboneras, para dar una referencia más específica.

**Gráfico 14. Índice de Sostenibilidad urbana**



Para los valores más bajos, las AGEB urbanas de muy baja sostenibilidad urbana, se localizan en las colonias: Los Pirules, Media Luna, La Unión, La Condesa,

Ramos Arizpe, Nuevo San Bartolo, Cruz del Cerrito, Loma bonita y Valles de Pachuca.

Se han dejado sombreados los sectores correspondientes al Cerro de Cubitos y el sector industrial La Paz. Sin embargo, para el análisis, se mantienen sus resultados por considerar que a pesar de que no se encuentran viviendas, dichas AGEB también proporcionan una medición de servicios urbanos.

El cuadro 4, permite observar la distribución (absoluta y porcentual) de la población y de las viviendas de las AGEB urbanas de la Zona Metropolitana de Pachuca, con relación a las categorías de sostenibilidad urbana.

Es importante destacar que solo el 0.5 por ciento de las viviendas y 0.56 por ciento de la población que habita en los AGEB seleccionadas, se encuentran en muy alta sostenibilidad (de un total de 147,866 viviendas y 375,827 habitantes del área de estudio).

**Cuadro 4. Distribución de viviendas y población por categoría del Índice de Sostenibilidad Urbana**

Índice de Sostenibilidad Urbana (ISU)	Viviendas	Población
Muy baja	3592	4634
%	2.43	1.23
Baja	26323	56127
%	17.80	14.93
Moderada	80553	208647
%	54.48	55.52
Alta	36652	104310
%	24.79	27.75
Muy alta	746	2109
%	0.50	0.56
Total	147866	375827

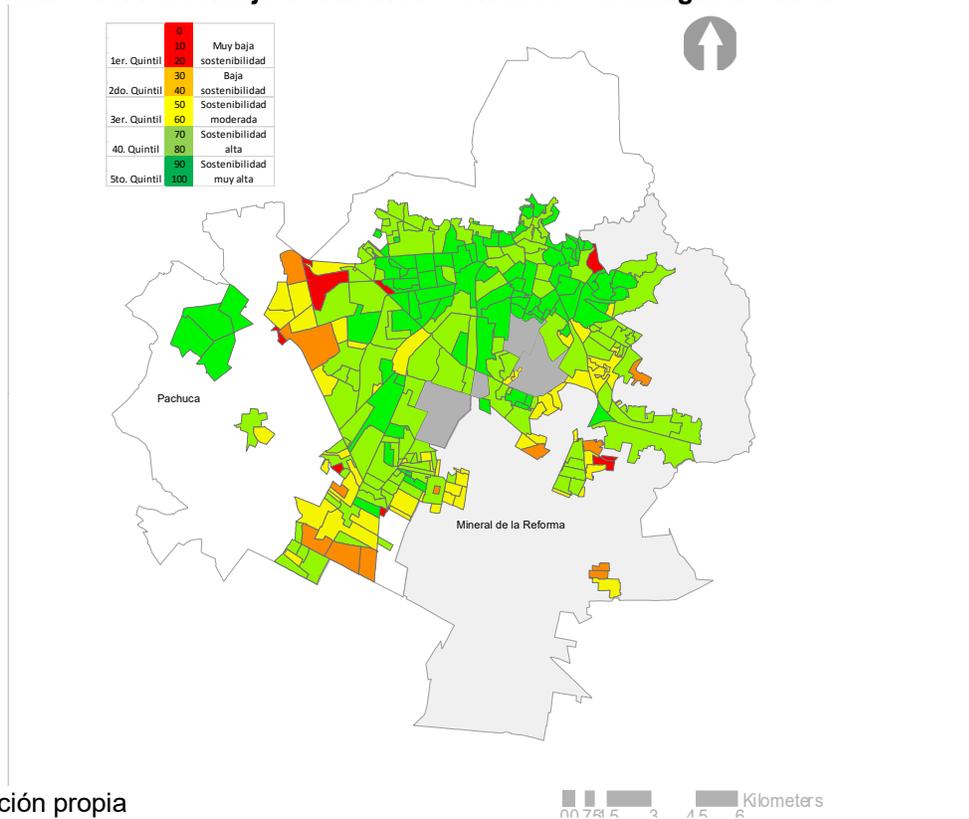
Fuente: Elaboración propia con datos del ISU

Así, el 54 por ciento de la población y el 55.52 por ciento de las viviendas se encuentran en sostenibilidad moderada. Lo que, en valores absolutos, representan 80,553 viviendas y 208,647 habitantes en situación de sostenibilidad moderada.

Esos resultados sugieren que una gran proporción de la población de las AGEB urbanas en los municipios centrales de la zona metropolitana de Pachuca, se encuentra en condición de sostenibilidad baja y moderada. Dichos resultados son alarmantes, considerando que es la ciudad capital y la primera en importancia en el estado de Hidalgo.

A continuación, se hace una breve descripción de los hallazgos encontrados de cada variable que conforma el Índice de Sostenibilidad Urbana. Como puede verse en el gráfico 15, el porcentaje de viviendas particulares con acceso a electricidad es superior al de la media del ISU comparado con el 66.8 de promedio en esa variable. Nuevamente se observa la sectorización, la región noroeste y suroeste del área de estudio, muestra los niveles más bajos.

**Gráfico 15. Porcentaje de viviendas con acceso a energía eléctrica**



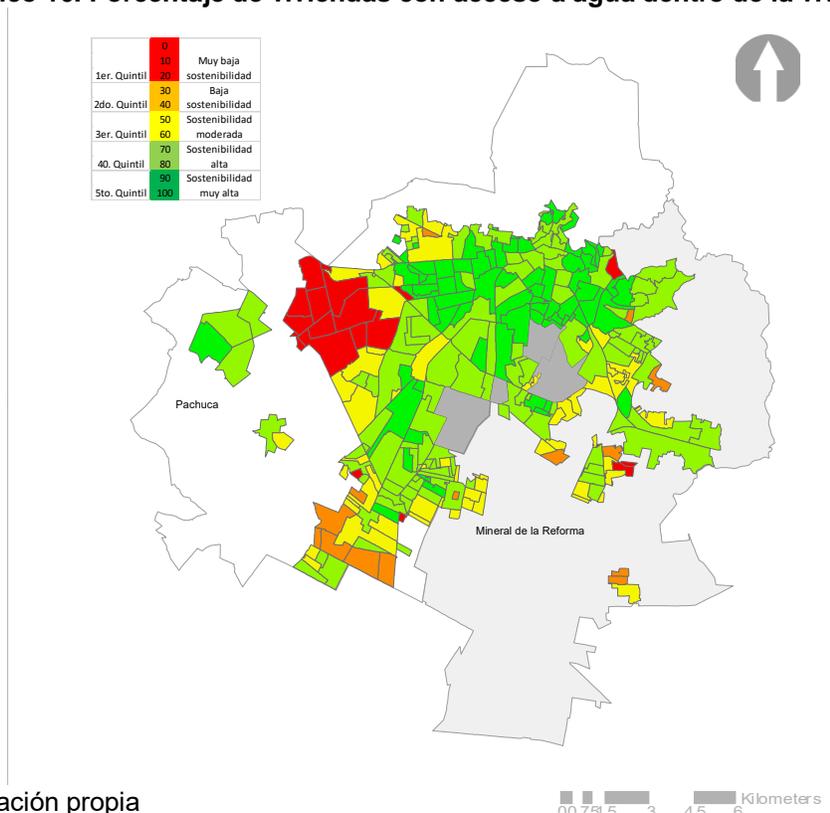
Fuente: Elaboración propia

## Agua y saneamiento

Como en el contexto latinoamericano, en los municipios centrales de la Zona Metropolitana de Pachuca existen desigualdades en el contexto del acceso al agua potable<sup>38</sup> y drenaje para las viviendas (gráfico 16). De acuerdo con BID (2017), a pesar de que se ha alcanzado la meta de los Objetivos de Desarrollo del Milenio, relativa al acceso al agua potable y drenaje, pueden identificarse sectores con poco o nulo acceso a dichos servicios.

<sup>38</sup> "El sistema de distribución de agua (instalación hidráulica) y el sistema de desalojo de aguas residuales (instalación sanitaria) de cualquier edificación en donde se instalen muebles sanitarios; deben estar conectados a un sistema de abastecimiento público de agua potable, o a un sistema de drenaje público respectivamente. Siendo estos de federal, estatal o municipal". (SEDATU-CONAVI, 2017, p. 439)

**Gráfico 16. Porcentaje de viviendas con acceso a agua dentro de la vivienda**



Fuente: Elaboración propia

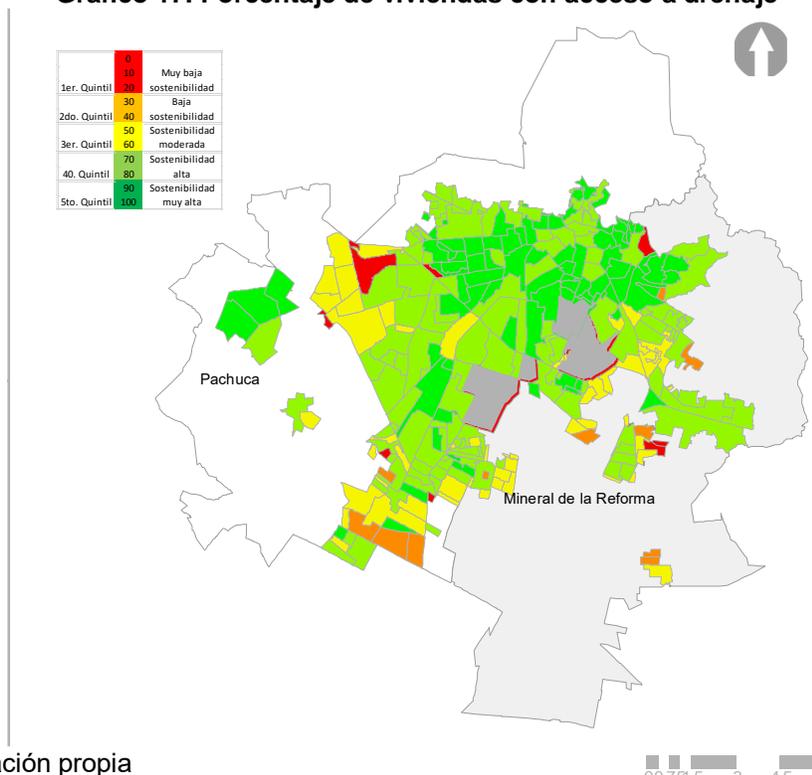
Por lo anterior, es necesario tener en cuenta que, si el proceso de urbanización observado hasta hoy continúa en la misma tendencia, los sectores de las periferias urbanas seguirán siendo focos de atención por el difícil acceso de la población a dichos servicios.

En el área de estudio se observa una desigual distribución territorial del acceso al agua y drenaje, reproduciendo el patrón espacial de desigualdad que existe en el indicador general, entre centro y periferia.

Las áreas con más altos niveles de acceso a electricidad, agua y drenaje (véase gráfico 17), corresponden a las AGEB más poblados, por otro lado, aquellos sectores con menor densidad poblacional, muestran los niveles más bajos de acceso

a servicios urbanos básicos, dichas zonas tienen mayor presencia de urbanización dispersa y precaria.

**Gráfico 17. Porcentaje de viviendas con acceso a drenaje**



Fuente: Elaboración propia

Como puede observarse en el cuadro 5, la variable que más destaca es la de las viviendas con acceso al agua dentro de la vivienda, más de 2008 y 7424 de estas tienen niveles muy bajos de sostenibilidad al no tener acceso a dicho servicio.

**Cuadro 5. Distribución de viviendas y población por variables relacionadas a servicios básicos urbanos**

Índice de sostenibilidad urbana (ISU)	vph_electr		vph_agua_dv		vph_drenaj	
	Pob	Viv	Pob	Viv	Pob	Viv
Muy alta	156566	49652	13876	43824	150039	47723
Alta	167133	65751	168893	65390	174053	68184
Moderada	44989	25048	56077	29107	44166	24696
Baja	6822	7008	8063	7424	6452	6856
Muy baja	317	407	4269	2008	317	407

Fuente: Elaboración propia

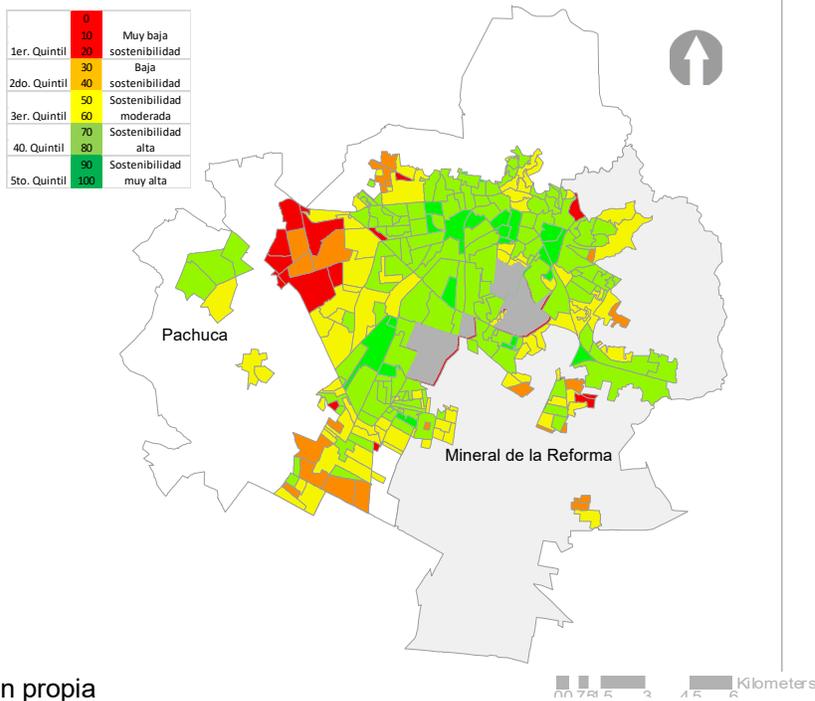
Con relación al acceso a bienes, se observa en los gráficos 18 a 20, que existe un grado de sostenibilidad alto y moderado para los sectores más densamente poblados, destaca en el caso de las viviendas que cuentan con refrigerador, que muestra niveles altos (Véase cuadro 6). El acceso automóvil, actualmente es un indicador de estatus social, sin mencionar las condiciones del transporte público que opera en las áreas urbanas seleccionadas, sin embargo, nos dice que 12,148 viviendas no cuentan con uno.

**Cuadro 6. Distribución de viviendas y población por variables relacionadas a bienes**

Índice de sostenibilidad urbana (ISU)	vph_refri		vph_lavad		vph_auto		vph_rad		vph_tv	
	Pob	Viv	Pob	Viv	Pob	Viv	Pob	Viv	Pob	Viv
Muy alta	29696	10156	2109	746	2109	746	18728	5983	128950	40446
Alta	230112	81750	108459	38301	27406	10127	265082	91570	188629	71850
Moderada	98615	44426	96232	38597	170700	64449	81382	40482	50983	28084
Baja	15115	10265	42911	21593	145291	60396	9891	8742	57931	35163
Muy baja	2289	1269	3810	3206	30301	12148	744	1089	317	407

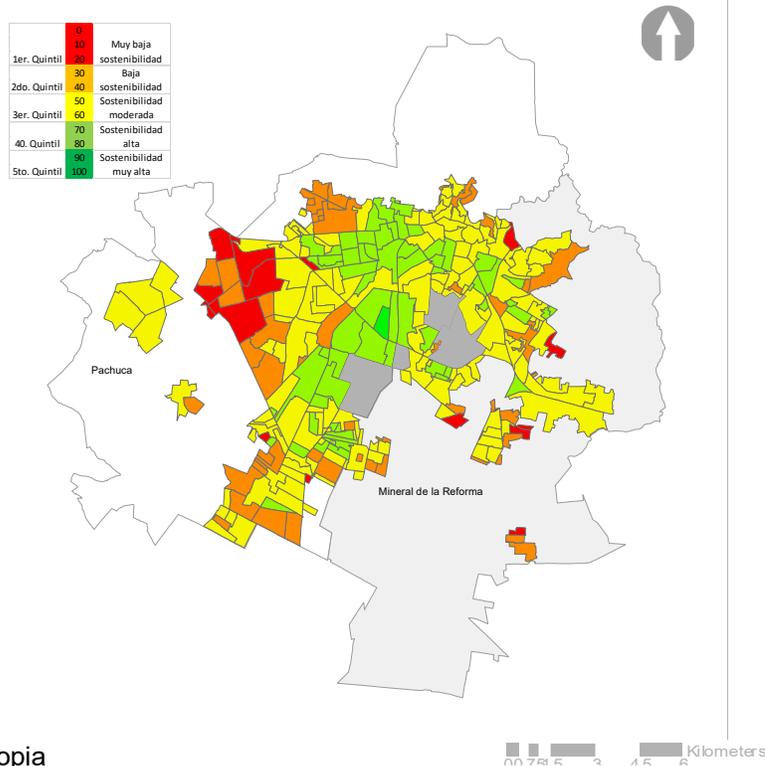
Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 18. Porcentaje de viviendas con acceso a refrigerador**



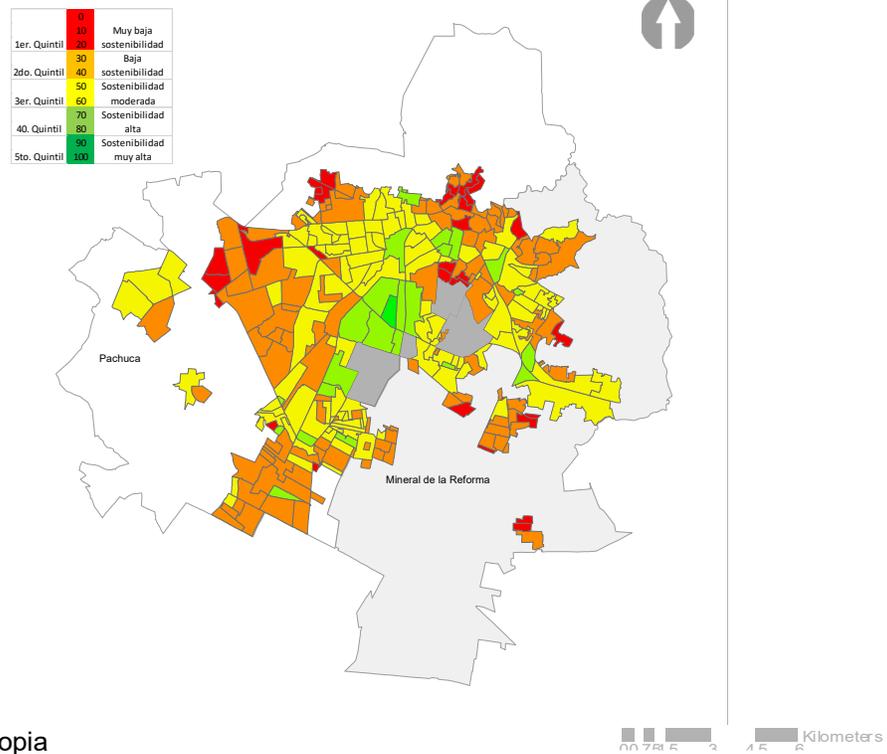
Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 19. Porcentaje de viviendas con acceso a lavadora**



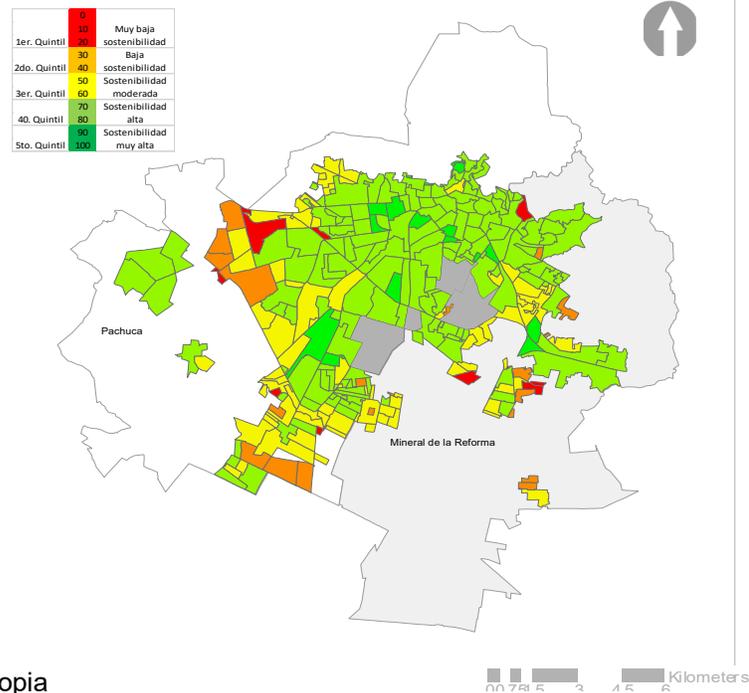
Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 20. Porcentaje de viviendas con acceso a automóvil**



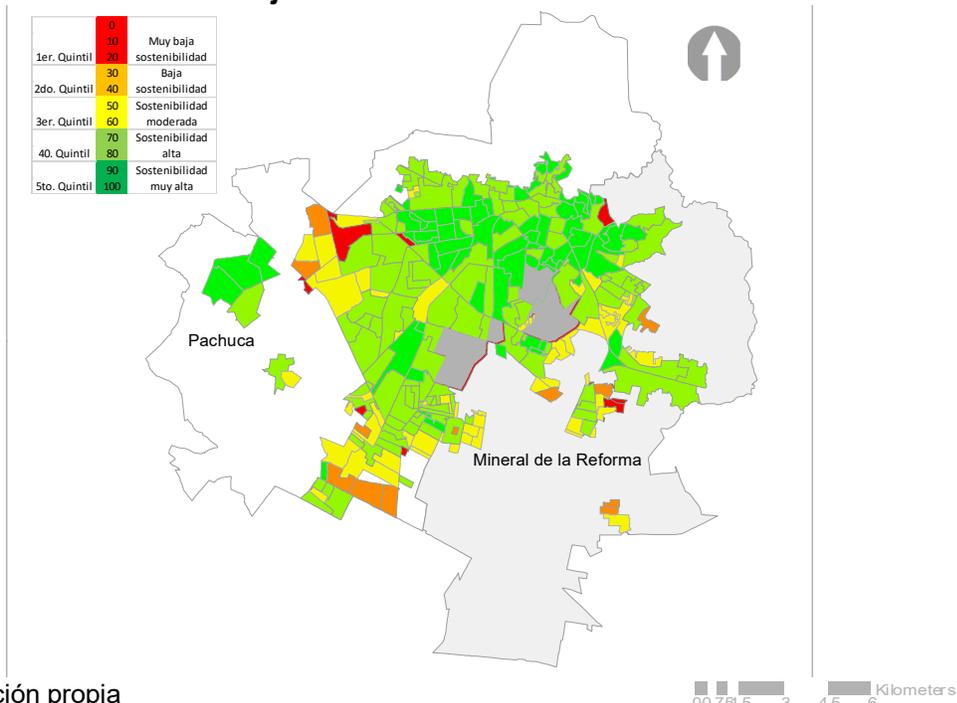
Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 21. Porcentaje de viviendas con acceso a radio**



Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 22. Porcentaje de viviendas con acceso a televisión**



Fuente: Elaboración propia

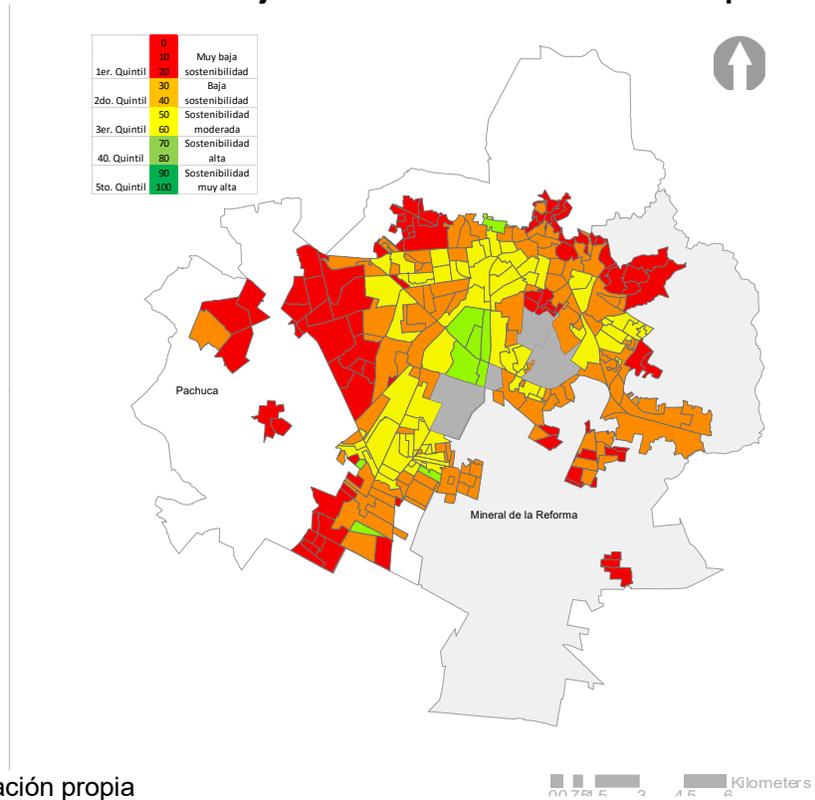
**Cuadro 7. Distribución de viviendas y población por variables de tecnologías de la información y comunicaciones.**

Índice de sostenibilidad urbana (ISU)	vph_pc		vph_telef		vph_inter		vph_cel	
	Pob	Viv	Pob	Viv	Pob	Viv	Pob	Viv
Muy alta	0	0	0	0	0	0	2592	875
Alta	11836	4273	38550	13924	7079	2520	245194	84482
Moderada	111233	42844	151315	54478	37939	14682	119445	54110
Baja	175230	70888	142381	57397	183940	72652	8260	7988
Muy baja	77528	29861	43581	22067	146869	58012	317	407

Fuente: Elaboración propia

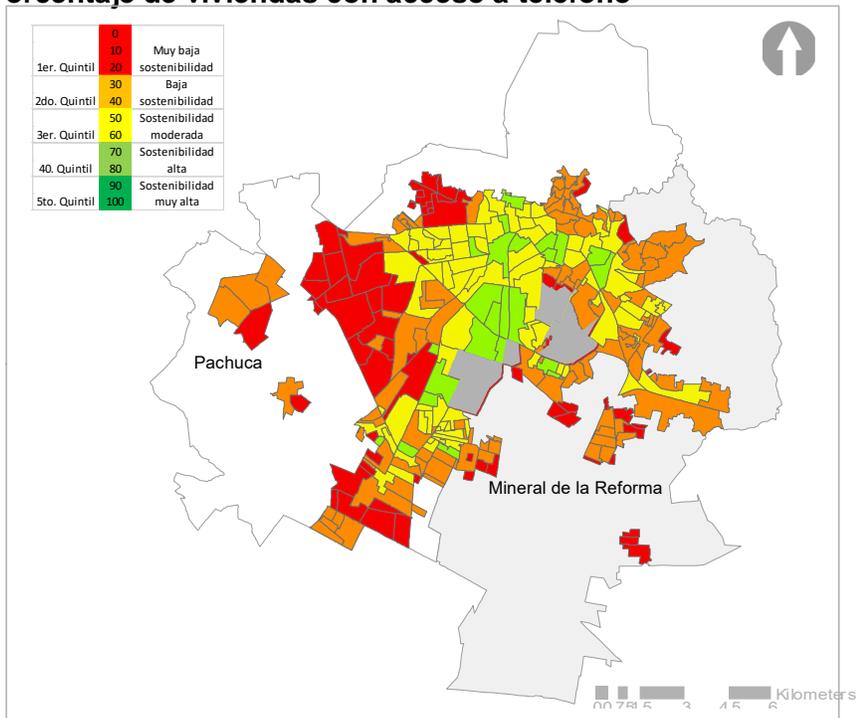
En este grupo de variables, como se observa en el cuadro 7, destaca el bajo grado de sostenibilidad asociado al acceso a computadora, pueden observarse sectores bien definidos en el gráfico 21 y 22, localizados en las periferias principalmente. Solo un sector central muestra grado de sostenibilidad alto, que abarca las colonias San Javier, La Moraleja, Rivalle, Arboledas de Santa Elena.

**Gráfico 23. Porcentaje de viviendas con acceso a computadora**



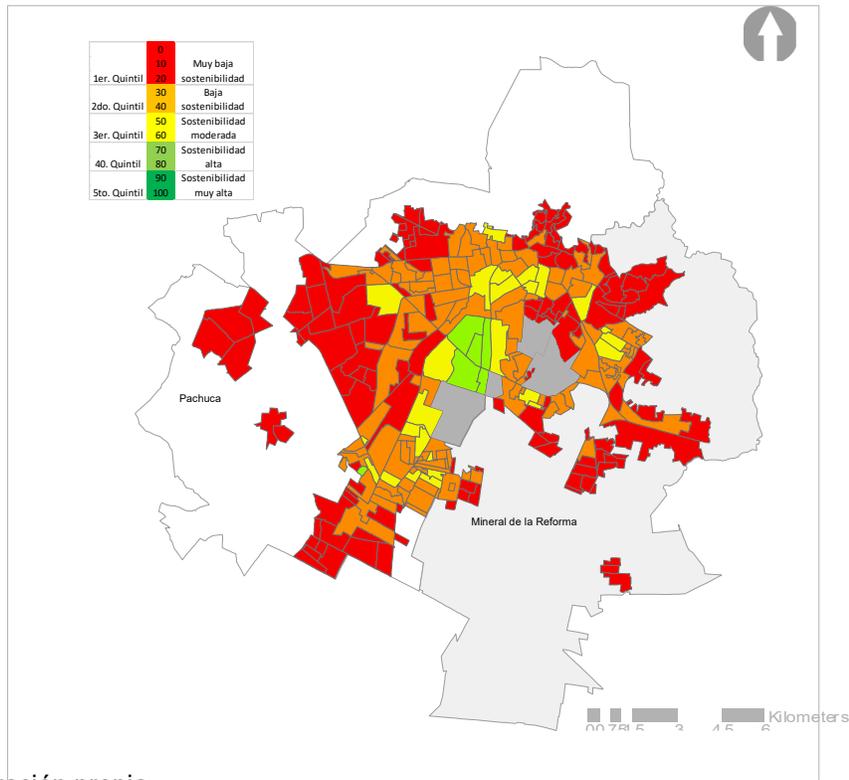
Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 24. Porcentaje de viviendas con acceso a teléfono**



Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 25. Porcentaje de viviendas con acceso a internet**

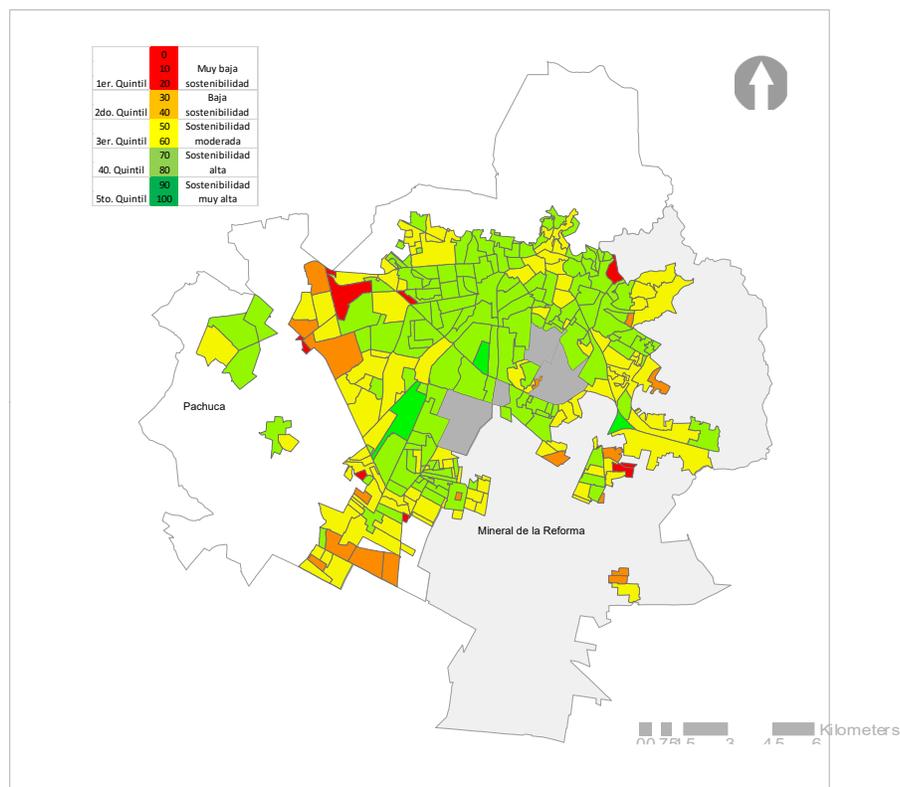


Fuente: Elaboración propia

Con relación a las viviendas con acceso a internet, en el gráfico 25, se repite el patrón de la variable acceso a computadora, sin embargo, las AGEB con grado bajo de sostenibilidad representan un número mayor, es la variable que muestra los niveles más bajos de acceso a este servicio. Considerando la importancia que este tiene para el desarrollo profesional y personal de los habitantes en las ciudades, represente un elemento a considerar en un análisis posterior.

Por el contrario, los niveles para la variable celular (gráfico 26), los resultados muestran sectores densamente poblados con niveles altos de sostenibilidad urbana.

**Gráfico 26. Porcentaje de viviendas con acceso a teléfono celular**



Fuente: Elaboración propia

Los datos obtenidos en este ejercicio darán las herramientas necesarias para profundizar en el análisis incorporando las dimensiones mencionadas para el estudio de la sostenibilidad urbana desagregadas por AGEB.

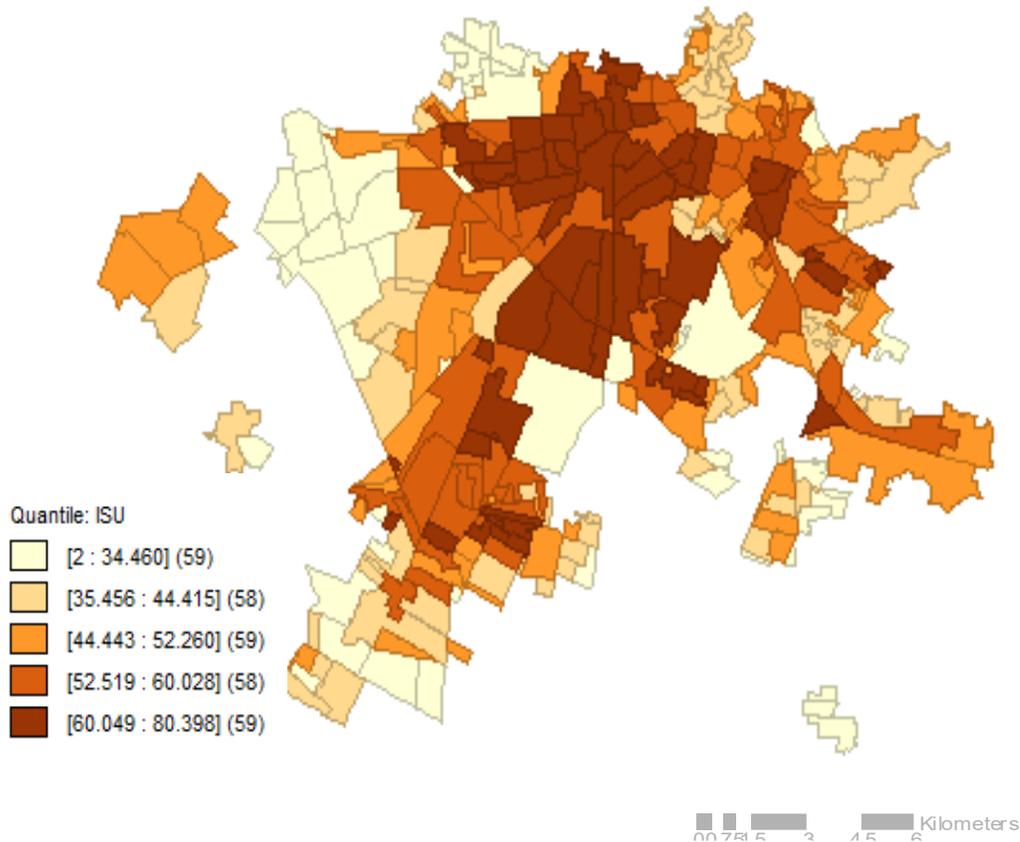
Del principio de sostenibilidad observamos que no se adoptan medidas en el mediano y largo plazo para asegurar la gestión de los activos físicos y para que las generaciones presentes y futuras puedan disfrutar de estos servicios.

### 5.3 Resultados del AEDE

El AEDE realizado con Geoda® permite visualizar en mapas, cómo se distribuye la sostenibilidad urbana y permite identificar la presencia de agrupamientos de muy alta, alta, moderada, baja y muy baja sostenibilidad urbana.

Es decir, permite localizar sectores de los municipios centrales de la Zona Metropolitana de Pachuca en los que se agrupan las AGEB.

**Gráfico 27. Distribución espacial del ISU en los municipios centrales de la Zona Metropolitana de Pachuca por AGEB (2010).**



Fuente: Elaboración propia

La distribución espacial del ISU puede observarse en el gráfico 27. Los resultados muestran una concentración de sostenibilidad alta en la región centro-norte y centro sur, se observan agrupamientos que permiten observar como el ISU disminuye hacia la periferia norponiente y sur poniente.

La localización espacial de los sectores de sostenibilidad alta y muy alta en la zona central y sur, refleja el modelo de estructura urbana central y el surgimiento de

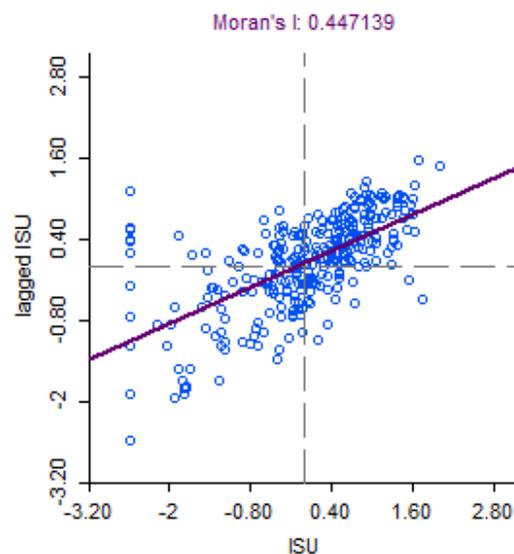
subcentros urbanos con la existencia de la comunicación con la zona metropolitana del valle de México.

Siguiendo con el procedimiento planteado, la autocorrelación espacial (presencia de agrupamientos) se presenta cuando una variable tiende a asumir valores similares en unidades geográficamente cercanas; por otro lado, la existencia de heterogeneidad indica la presencia de diferencias en la ocurrencia de un fenómeno en regiones geográficas (Sánchez Peña, 2006).

### 5.3.1 I Moran

El análisis exploratorio refleja que el I Moran para las variables que conforman la variable sostenibilidad urbana, por acceso a servicios urbanos básicos; fue positiva y altamente significativa, lo cual muestra la presencia de autocorrelación espacial.

**Gráfico 28. I Moran del ISU en los municipios centrales de la Zona Metropolitana de Pachuca por AGEB (2010).**



Fuente: Elaboración propia

Luego de la permutación, el valor estadístico para los datos, arroja el valor de I Morán de 0.4475, a la derecha de la distribución de referencia, lo que sugiere un

fuerte rechazo de la hipótesis nula; con un de  $E[I] = -0.0034$  y pseudo p-value de 0.001. El valor obtenido 0.4475 nos indica que existe alta y positiva autocorrelación espacial y que la probabilidad de que la distribución espacial observada fuera producto del azar, es muy baja ( $I=0.4475$ ,  $Z=10.31$ ).

Los resultados indican la presencia de autocorrelación espacial de unidades espaciales con características de acceso a servicios urbanos, vulnerabilidad sociodemográfica y de entorno urbano. El valor de  $Z$  es mayor a 2.5, por lo que puede concluirse con un nivel de confianza de 99%, que la concentración no es aleatoria, con el supuesto de una distribución normal de valores probables de  $Z$ .

Lo anterior permite indicar que existe una fuerte polarización en el ISU como se muestra en el gráfico 28, al mostrar que; en la medida en que las viviendas se ubican más alejadas de los centros urbanos, menores accesos tienen éstas a los servicios y bienes urbanos, y menos sostenibles son.

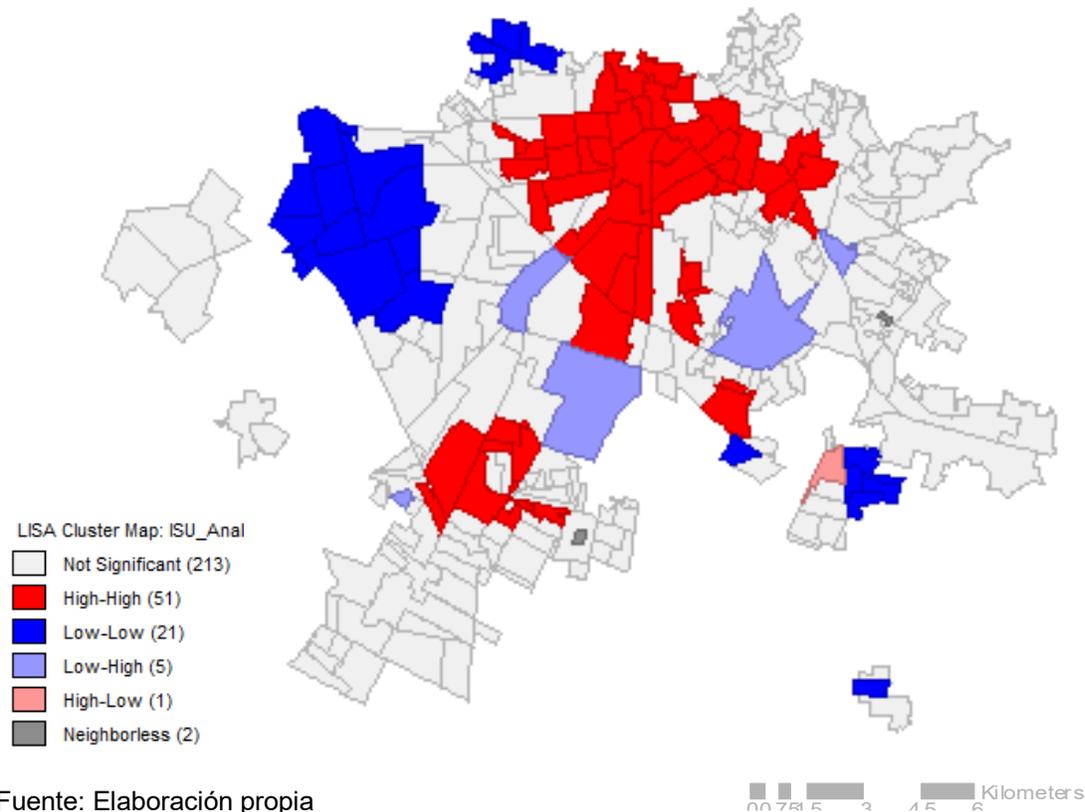
### **5.3.2 LISA**

El gráfico 29 nos indica donde se localizan cuatro agrupamientos significativos, los valores alto-alto se agrupan en dos agrupamientos ubicados al sur poniente y en la zona central, estos AGEBA albergan colonias habitacionales más antiguas, de altos ingresos y con acceso a los servicios urbanos, la zona sur poniente con valores alto-alto, concentra la zona comercial y habitacional de altos ingresos de reciente creación.

Los agrupamientos con valores bajo-bajo se ubican en tres secciones de los municipios centrales de la zona metropolitana de Pachuca: en el norponiente, centro norte y suroriente. Destaca la zona norponiente, caracterizada por asentamientos

dispersos, con déficit de servicios básicos y cuyo crecimiento es resultado de autoconstrucción.

**Gráfico 29. Indicadores Locales de autocorrelación espacial en los municipios centrales de la Zona Metropolitana de Pachuca por AGEB (2010).**



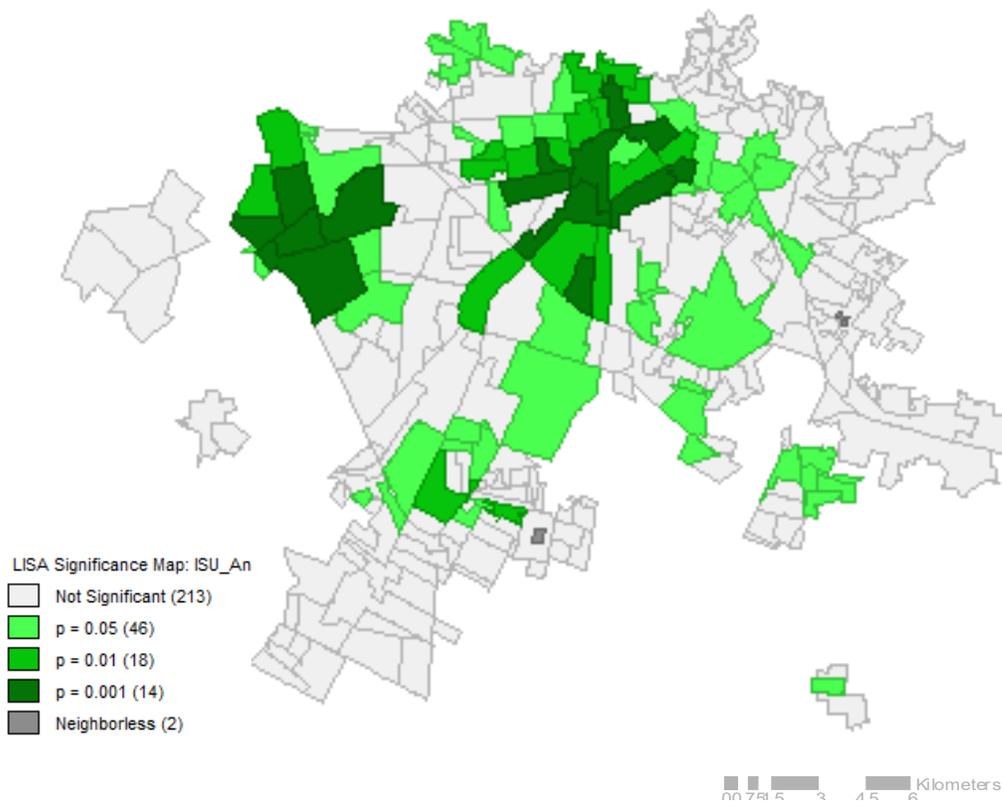
Fuente: Elaboración propia

Los valores restantes representan el dos por ciento de las AGEB seleccionadas, los agrupamientos estadísticamente significativos suman el 27 por ciento del total de las AGEB.

El gráfico 30 muestra las zonas con agrupamientos altamente significativos, en este se muestra la existencia de puntos atípicos, es decir, la existencia de la relación espacial de ISU poniendo a prueba la hipótesis de una distribución aleatoria

espacial de los datos. En el mapa de significancia estadística (ILAE), los tonos en verde muestran los agrupamientos de sostenibilidad urbana que son estadísticamente significativos.

**Gráfico 30. Indicadores Locales de autocorrelación espacial en los municipios centrales de la Zona Metropolitana de Pachuca por AGEB (2010).**



Fuente: Elaboración propia

En el caso de los agrupamientos de AGEB con muy alta sostenibilidad, se localizan en la zona central y al norte, ( $p < 0.001$ ). Por su parte, los agrupamientos en donde existe una muy baja sostenibilidad urbana y son estadísticamente significativos se ubican en la zona del norponiente de la ciudad ( $p < 0.001$ ).

#### 4.4.1 Resultados del modelo de regresión estimado con MCO

Como se observa en el cuadro 8, al estimar el modelo de regresión lineal múltiple, los resultados obtenidos con la regresión de mínimos cuadrados ordinarios, con una R2 inicial de 0.30, arrojan problemas de multicolinealidad,  $24.131484 > 20$ , por lo que se elimina la variable “Grado promedio de escolaridad” (GRAPROES).

**Cuadro 8. Modelo 1 MCO**

```

REGRESSION
-----
SUMMARY OF OUTPUT: ORDINARY LEAST SQUARES ESTIMATION
Data set      : ISU_Analis_espac
Dependent Variable : ISU      Number of Observations: 293
Mean dependent var : 46.0536  Number of Variables   : 10
S.D. dependent var : 16.9499  Degrees of Freedom   : 283

R-squared      : 0.306210  F-statistic          : 13.8783
Adjusted R-squared : 0.284146  Prob(F-statistic)    : 1.75888e-018
Sum squared residual: 58402.1  Log likelihood       : -1191.46
Sigma-square    : 206.368  Akaike info criterion : 2402.91
S.E. of regression : 14.3655  Schwarz criterion    : 2439.72
Sigma-square ML  : 199.325
S.E of regression ML: 14.1182
    
```

Variable	Coefficient	Std.Error	t-Statistic	Probability
CONSTANT	15.5938	3.34987	4.65504	0.00000
P_POBLACIO	6.16015	3.53882	1.74074	0.08282
P_DEP_DEM	-0.230942	0.122821	-1.88031	0.06109
P_P18YM_PB	-0.218671	0.193659	-1.12915	0.25979
P_HOGJEF_F	-0.175128	0.127455	-1.37404	0.17052
P_VPH_PISO	0.228391	0.0552171	4.13624	0.00005
P_VPH_1CUA	0.038377	0.300037	0.127908	0.89830
GRAPROES	2.61394	0.593043	4.40767	0.00001
DEN_HAB	0.0821447	0.0440819	1.86346	0.06343
DEN_POB	0.001946	0.00202336	0.961766	0.33699

```

-----
REGRESSION DIAGNOSTICS
MULTICOLLINEARITY CONDITION NUMBER 24.131484
TEST ON NORMALITY OF ERRORS
TEST      DF      VALUE      PROB
Jarque-Bera      2      10.7078      0.00473

DIAGNOSTICS FOR HETEROSKEDASTICITY
RANDOM COEFFICIENTS
TEST      DF      VALUE      PROB
Breusch-Pagan test      9      16.4769      0.05757
Koenker-Bassett test    9      12.5839      0.18235
    
```

```

DIAGNOSTICS FOR SPATIAL DEPENDENCE
FOR WEIGHT MATRIX : ISU_Analis_espac
(row-standardized weights)
TEST                MI/DF          VALUE          PROB
Moran's I (error)   0.3276         7.9622         0.00000
Lagrange Multiplier (lag)    1         80.9088         0.00000
Robust LM (lag)      1         21.6200         0.00000
Lagrange Multiplier (error)  1         59.2898         0.00000
Robust LM (error)    1          0.0010         0.97495
Lagrange Multiplier (SARMA)  2         80.9098         0.00000
===== END OF REPORT =====

```

Fuente: Elaboración propia con datos del ISU

Se estima MCO eliminando la variable GRAPROES (cuadro 9). Los resultados del modelo 2, arrojan que el modelo planteado tiene una bondad de ajuste de  $R^2=0.25$  inicialmente, dicho valor es el esperado para un análisis de corte transversal.

Las variables que resultan significativas son: % población de 18 y más con educación pos-básica, % población en hogares con jefatura femenina, % población en viviendas particulares habitadas con piso diferente de tierra y densidad habitacional. No presenta multicolinealidad,  $12.113 < 20$ .

El diagnóstico de dependencia espacial, nos indica que existe autocorrelación, en el que estaríamos violando uno de los principios de los modelos MCO, por lo anterior, es necesario desarrollar otra estimación con un modelo de regresión espacial.

En este punto, se conoce que debe seleccionarse una técnica, la del error o la de modelo rezagado. Para seleccionar, se considera el valor del Multiplicador de Lagrange (del error) es mayor y significativo, por lo que se estima el Modelo Lag<sup>39</sup> o rezagado.

---

<sup>39</sup> Se sigue la regla de seleccionar el modelo con el valor del Multiplicador de Lagrange más grande y significativo.

### Cuadro 9. Modelo 2 MCO

>>05/21/18 15:21:23

REGRESSION

-----

SUMMARY OF OUTPUT: ORDINARY LEAST SQUARES ESTIMATION

Data set : ISU\_Analis\_espac  
 Dependent Variable : ISU Number of Observations: 293  
 Mean dependent var : 46.0536 Number of Variables : 9  
 S.D. dependent var : 16.9499 Degrees of Freedom : 284

R-squared : 0.258582 F-statistic : 12.3812  
 Adjusted R-squared : 0.237697 Prob(F-statistic) : 3.23621e-015  
 Sum squared residual: 62411.3 Log likelihood : -1201.18  
 Sigma-square : 219.758 Akaike info criterion : 2420.37  
 S.E. of regression : 14.8242 Schwarz criterion : 2453.49  
 Sigma-square ML : 213.008  
 S.E of regression ML: 14.5948

Variable	Coefficient	Std.Error	t-Statistic	Probability
CONSTANT	22.3069	3.07888	7.24515	0.00000
P_DEP_DEM	0.0380419	0.109991	0.345864	0.72969
P_P18YM_PB	0.43919	0.127339	3.449	0.00065
P_HOGJEF_F	-0.255121	0.130184	-1.95969	0.05101
P_VPH_PISO	0.251407	0.056725	4.43204	0.00001
P_VPH_1CUA	-0.0615463	0.308733	-0.199351	0.84214
DEN_HAB	0.119822	0.0446261	2.68503	0.00768
DEN_POB	0.00263579	0.00208172	1.26616	0.20649
P_POBLACIO	4.7745	3.63738	1.31262	0.19037

REGRESSION DIAGNOSTICS

MULTICOLLINEARITY CONDITION NUMBER 12.113550

TEST ON NORMALITY OF ERRORS

TEST	DF	VALUE	PROB
Jarque-Bera	2	5.2209	0.07350

DIAGNOSTICS FOR HETEROSKEDASTICITY

RANDOM COEFFICIENTS

TEST	DF	VALUE	PROB
Breusch-Pagan test	8	21.8239	0.00525
Koenker-Bassett test	8	19.0969	0.01435

DIAGNOSTICS FOR SPATIAL DEPENDENCE

FOR WEIGHT MATRIX : ISU\_Analis\_espac

(row-standardized weights)

TEST	MI/DF	VALUE	PROB
Moran's I (error)	0.3262	7.9176	0.00000
Lagrange Multiplier (lag)	1	73.9675	0.00000
Robust LM (lag)	1	15.3794	0.00009
Lagrange Multiplier (error)	1	58.8073	0.00000
Robust LM (error)	1	0.2192	0.63966
Lagrange Multiplier (SARMA)	2	74.1867	0.00000

===== END OF REPORT =====

Fuente: Elaboración propia con datos del ISU

### Cuadro 10. MCO Modelo Lag

>>05/21/18 15:24:20

REGRESSION

-----  
SUMMARY OF OUTPUT: SPATIAL LAG MODEL - MAXIMUM LIKELIHOOD ESTIMATION

Data set : ISU\_Analis\_espac  
 Spatial Weight : ISU\_Analis\_espac  
 Dependent Variable : ISU Number of Observations: 293  
 Mean dependent var : 46.0536 Number of Variables : 10  
 S.D. dependent var : 16.9499 Degrees of Freedom : 283  
 Lag coeff. (Rho) : 0.509272

R-squared : 0.461247 Log likelihood : -1164.64  
 Sq. Correlation : - Akaike info criterion : 2349.29  
 Sigma-square : 154.783 Schwarz criterion : 2386.09  
 S.E of regression : 12.4412

Variable	Coefficient	Std.Error	z-value	Probability
W_ISU	0.509272	0.051771	9.83702	0.00000
CONSTANT	3.46324	3.2883	1.0532	0.29225
P_DEP_DEM	0.101545	0.0924872	1.09793	0.27223
P_P18YM_PB	0.369228	0.106908	3.4537	0.00055
P_HOGJEF F	-0.163802	0.10927	-1.49906	0.13386
P_VPH_PISO	0.153481	0.0478481	3.20768	0.00134
P_VPH_1CUA	0.100539	0.259119	0.388002	0.69801
DEN_HAB	0.0859701	0.0376286	2.2847	0.02233
DEN_POB	0.00258201	0.00174722	1.47778	0.13947
P_POBLACIO	1.98656	3.06022	0.649157	0.51624

REGRESSION DIAGNOSTICS

DIAGNOSTICS FOR HETEROSKEDASTICITY

RANDOM COEFFICIENTS

TEST	DF	VALUE	PROB
Breusch-Pagan test	8	57.0267	0.00000

DIAGNOSTICS FOR SPATIAL DEPENDENCE

SPATIAL LAG DEPENDENCE FOR WEIGHT MATRIX : ISU\_Analis\_espac

TEST	DF	VALUE	PROB
Likelihood Ratio Test	1	73.0792	0.00000

===== END OF REPORT =====

Fuente: Elaboración propia con datos del ISU

Los resultados del modelo 2 sugieren que la autocorrelación existente es substantiva. Una vez corregido, en el modelo Lag, el valor de  $R^2$  incrementó de 0.26 a 0.46 (cuadro 10), la sostenibilidad urbana es mayormente explicada por las variables seleccionadas, con cerca del 50%.

Los resultados de la  $R^2$  sugieren que el Modelo rezagado se desempeña mejor que el modelo regresión lineal múltiple estimado, usando la técnica de mínimos cuadrados ordinarios (MCO); lo que revela un mejoramiento de la estimación en relación con el modelo inicial, al incrementar 20% el poder explicativo del modelo. Además, el valor de Akaike disminuyó de 2420.37, a 2349.29 en el modelo rezagado (Lag).

El análisis sugiere que los agrupamientos de sostenibilidad encontrados, responden a la distribución geográfica de las variables explicativas que se incluyen en el modelo. La evidencia sugiere procesos de “contagio” entre las unidades dependiendo de su ubicación en el territorio.

Los resultados muestran que la población mayor de 18 años con educación pos-básica, la población en viviendas particulares habitadas con piso diferente de tierra y la densidad habitacional, incrementan significativamente la sostenibilidad urbana por AGEB en los municipios centrales de la ZMP. El aumento de la densidad podría disminuir el costo en el suministro de servicios básicos, una política de uso de suelo podría fomentar la tendencia hacia la densificación de los territorios en los municipios de la ZMP.

Por cada unidad porcentual de población mayor de 18 años con educación pos-básica, el ISU se incrementa en .36 unidades. Así, por cada unidad porcentual de viviendas particulares habitadas con piso diferente al de tierra, el ISU se incrementa en .15 unidades.

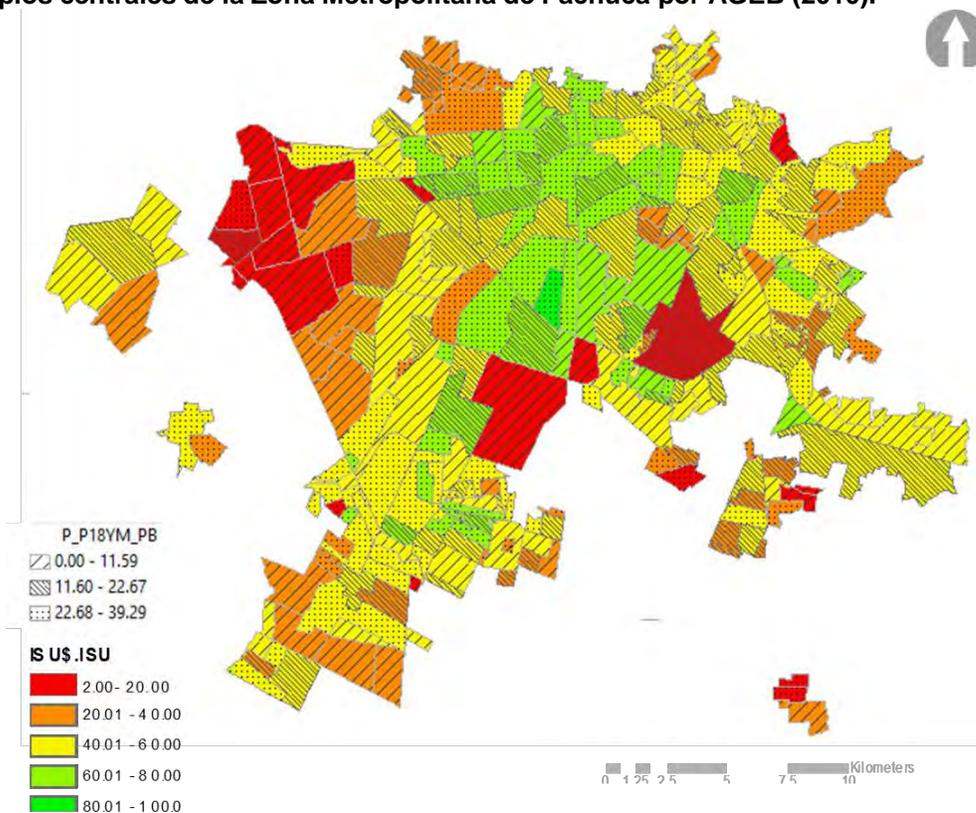
La población en hogares con jefatura femenina, el hacinamiento y la dependencia demográfica; que se plantean en la hipótesis como de influencia

negativa en la sostenibilidad urbana; no son significativas. Esto puede explicarse debido a que el papel de la mujer en el mercado laboral es cada vez más importante, lo que supone una participación más activa en la economía del hogar. De manera contraria a lo que podría suponerse, la ausencia de cónyuge no se relaciona con mayores niveles de vulnerabilidad sociodemográfica. Según Rodríguez (2000) las pautas de estructuración han sufrido transformaciones, de tal manera que, se ha dado la apertura de espacios para que el liderazgo de las familias sea llevado por las mujeres, así como el aumento en la tasa de divorcios, la uniparitalidad y la maternidad adolescente. En suma, la no significancia de la variable hogares con jefatura femenina, puede deberse a “*una diversidad de fuerzas que originan la jefatura femenina*” (Rodríguez Vignoli, 2000, p. 45), dentro de las que pueden destacar: que se trate de profesionistas viviendo solas, estudiantes universitarias con subsidio familiar, entre otras).

La variable hacinamiento, a pesar de encontrarse en otros estudios como una condicionante del deterioro de la calidad de vida en las ciudades, no es significativa en el contexto metropolitano de Pachuca. La relación entre el número y de miembros y la existencia de NBI se agudiza en hogares con una o dos personas, mientras que se incrementa a partir de 3 y más (Rodríguez Vignoli, 2000). Por otro lado, la combinación de jefatura femenina y hacinamiento, puede representar un nivel alto de vulnerabilidad sociodemográfica y por lo tanto de un nivel bajo de sostenibilidad, ya que el tamaño de la vivienda, aunado a otros rasgos más allá de los demográficos como los del medio construido y del acceso a servicios, se expresa en dificultades en el soporte y desarrollo de la vivienda.

De manera complementaria a la presente investigación y como un hallazgo que ratifica la utilidad del empleo del análisis espacial, para los estudios de población; se encontró que las AGEB que contienen la mayoría de las personas mayores de 65 años, se encuentran en el sector central del área de estudio, y que estas AGEB pertenecen a los sectores con sostenibilidad muy alta, alta y moderada. Son estas zonas centrales las más antiguas de la ciudad, aquellas que cuentan con cobertura casi total de servicios urbanos (véase gráfico 31). Dicho hallazgo llama a una interpretación que sugiere que, en etapas finales de vida, sea común el acumulamiento de activos y sean movilizados para contrarrestar la insostenibilidad.

**Gráfico 31. ISU y variables significativas del modelo de análisis espacial en los municipios centrales de la Zona Metropolitana de Pachuca por AGEB (2010).**



Fuente: Elaboración propia

El patrón encontrado con el indicador ISU se ve ratificado por otros ejercicios metodológicos similares realizados en ciudades mexicanas (Medina, et al., 2019) en las que se observan asentamientos de población en etapa final de vida que se localizan en las zonas centrales (contrario al patrón observado en jóvenes en edad productiva, que se agrupan en los sectores periféricos), que tienen cobertura de servicios, que subsisten gracias al suministro de pensiones y en los que se observan niveles considerables de bienestar.

## Conclusiones

Las ciudades latinoamericanas se caracterizan por sus bajos niveles de sostenibilidad, debido a que han crecido a un ritmo acelerado y a la incapacidad de los gobiernos para proveer de servicios urbanos.

Coherentemente con los argumentos del marco conceptual y los resultados obtenidos mediante los instrumentos metodológicos, el análisis llevó a concluir que, de las variables consideradas en la elaboración del Índice de Sostenibilidad Urbana, tres son significativas y pertenecen a los tres componentes de la sostenibilidad. Lo anterior se evidencia en el propósito del indicador ISU, ya que reúne características sociodemográficas que generan desventajas sociales (NBI) y se asocia con otros factores como condiciones físicas del medio y la vivienda; y el acceso a servicios urbanos. Se presentan a continuación las conclusiones obtenidas:

### **ISU**

La concentración poblacional de las áreas urbanas no está acompañada por la extensión en el suministro de servicios urbanos básicos. Existen áreas localizadas principalmente al suroeste y al noroeste, que concentran un porcentaje importante de población, que se estima se encuentran en condiciones de vulnerabilidad sociodemográfica, vivienda precaria, bajo nivel de escolaridad y que se enfrentan a un entorno urbano adverso.

La ocupación, como ya se ha mencionado, ha sido dirigida por la especulación inmobiliaria siguiendo un patrón de asentamiento en áreas periféricas y en muchos casos, de difícil acceso (pendientes).

El análisis muestra que el territorio no es homogéneo, se pueden apreciar regiones o sectores en el área de estudio, lo que brinda mayores opciones para comprender el comportamiento de las variables en el territorio.

Los resultados relacionados con la descripción de la variable construida (ISU), muestran un panorama de las características de acceso a los servicios en la ZMP. Esta caracterización ha permitido identificar cinco grados de sostenibilidad urbana: Muy alta, Alta, Moderada, Baja y Muy baja; obtenidas a través del cruce de variables entre el ISU y las áreas expuestas a riesgos por falta de acceso a los servicios urbanos.

Gracias al empleo de Sistemas de Información Geográfica, fue posible identificar situaciones de baja sostenibilidad urbana en los municipios centrales de la ZMP. El aporte principal del primer acercamiento al modelo es el aprovechamiento de la fuente de información (Censo de Población y Vivienda 2010), para obtener mapas que muestren el comportamiento de las variables que construyen la variable dependiente (ISU).

Desde el punto de vista de la vulnerabilidad sociodemográfica, es posible una observación de varios factores de las unidades a partir de características demográficas a los futuros estudios sobre pobreza y para la elaboración de políticas públicas que resultan ser de alta complejidad social.

## **Análisis Espacial**

Los métodos estadísticos de análisis espacial constituyen una herramienta muy útil en la ubicación y distribución de los fenómenos, pero aún tiene limitaciones como la disponibilidad de variables específicas y georreferenciadas.

El análisis espacial realizado con datos del cuestionario básico del CPV 2010 por AGEB, permitió identificar el contexto en el cual se mide la sostenibilidad urbana en los municipios centrales de la ZMP, de acuerdo con las tres dimensiones de la sostenibilidad. El empleo del I Morán permitió identificar la existencia de autocorrelación espacial positiva y significativa en los AGEB.

El modelo de regresión lineal múltiple identificó variables significativas tales como: la población de 18 años y más con educación pos-básica, la población en viviendas particulares habitadas con piso diferente de tierra y la densidad habitacional. Las tres fueron altamente significativas y positivas en la sostenibilidad urbana. De lo anterior, puede deducirse que las variables consideradas para explicar la sostenibilidad urbana, pertenecen a los tres componentes de la sostenibilidad: las poblacionales, socioeconómicas y físicas o de desarrollo urbano.

Las zonas de significancia estadística de los agrupamientos en el área de estudio se localizan en la zona norponiente y centro, mediante la georreferenciación del ISU, se observa que la región central del área de estudio tiene grupos de baja sostenibilidad, debido a la antigüedad de las edificaciones y a la infraestructura urbana existente y al envejecimiento de la población que vive en dicha zona; existen

también otros factores como las condiciones de deterioro en que se encuentran las viviendas.

Por otra parte, la región norponiente se caracteriza por vivienda construida en la informalidad, y que se generaron por autoconstrucción. En esta zona habita la población de bajos ingresos y que presentan viviendas que tienen acceso limitado a servicios públicos y en condiciones físicas que no garantizan la protección contra el medio ambiente y a la seguridad de sus habitantes.

Sobre la autocorrelación espacial de las variables, es posible que existan otros fenómenos que favorezcan la formación de agrupamientos de baja o alta sostenibilidad; la autocorrelación espacial podría estar relacionada con la implementación de políticas de crecimiento urbano en ciertas zonas.

Los resultados revelan que la autocorrelación espacial encontrada se relaciona directamente con la localización geográfica de cada unidad analizada, las AGEB vecinas tienden a contagiar la insostenibilidad o sostenibilidad de las otras.

Una limitante mencionada en trabajos relacionados (Sánchez Salinas & Fuentes Flores, 2016) y (Sánchez Peña, 2006); constituye la llamada falacia ecológica, en la cual se corre el riesgo de inferir los comportamientos de los individuos a partir del área en la que viven. El análisis realizado, sólo sirve para explicar el fenómeno a nivel agregado, con la idea de inferir comportamientos colectivos.

La aplicación de trabajos de investigación como el presente, facilitará la formulación y aplicación de políticas públicas encaminadas a mejorar la calidad de vida de los habitantes y a garantizar el suministro de servicios urbanos. Es posible a

partir de los resultados, localizar los sectores menos sostenibles e identificar su localización geográfica y sus deficiencias de acuerdo con los agrupamientos en zonas de los municipios estudiados.

Para las zonas donde se identifican niveles muy bajos de sostenibilidad urbana, se recomienda la implementación de políticas de mejora de condiciones de la vivienda y educación superior a la básica.

El ISU puede ayudar a los encargados del diseño de políticas sociales para la identificación de zonas de alta concentración de sectores con muy baja sostenibilidad, así como la existencia de áreas disimiles.

Una vez que se conocen las variables que más influyen en la sostenibilidad urbana, es posible desarrollar estrategias preventivas focalizadas; para disminuir la concentración geográfica de la insostenibilidad en las ciudades.

# ANEXOS

## **Dimensión socioeconómica de la sostenibilidad urbana**

Dada la complejidad de la medición de la sostenibilidad urbana y el limitado acceso y disponibilidad de la información, se define como área de estudio los municipios centrales de la Zona Metropolitana de Pachuca, de la cual se realizan los siguientes ejercicios para las dimensiones seleccionadas: vivienda, acceso a servicios urbanos y bienes y TIC; y el cruce de estas con las variables que determinan la vulnerabilidad sociodemográfica.

### **Vivienda**

La vivienda es un tema que ha sido vinculado con la inequidad social y con el rezago en la atención de las necesidades de la población; para realizar la operacionalización de las variables que conformaran el indicador derivado de la dimensión económica de la sostenibilidad urbana, es necesario vincular las condiciones generales de la vivienda y acceso a bienes y tecnologías de la información (TIC), que se encuentran en el cuestionario básico del Censo de Población y Vivienda 2010 (CPV2010) con las condiciones socioeconómicas de la población.

Existe una relación directa entre las variables de población y las condiciones de vivienda, la planificación del sector habitacional tiene lazos fuertes con la evolución de la economía y la generación del empleo (Arriagada Luco, 2003). Las condiciones

socioeconómicas de la población pueden ser medidas a partir de la existencia de carencias habitacionales, la vivienda es un factor importante de bienestar social y su adecuada condición es reflejo de la satisfacción de las necesidades básicas y el mejoramiento de los niveles de vida. Por lo anterior se considera el Método de las Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) para obtener una caracterización de la población en términos de la insatisfacción de determinadas necesidades básicas, más que una medición de la pobreza como tal, que no es del interés de la presente investigación.

El método NBI, de acuerdo con Feres & Mancero (2001) permite la identificación de los hogares en condiciones de pobreza; en primer lugar considerando si han satisfecho sus necesidades básicas sobre los bienes y servicios que disponen, otra alternativa es la de medir los recursos del hogar, usualmente ingresos y gastos, de manera que reflejen en nivel de vida prevaleciente en dicho hogar. El método NBI fue introducido por CEPAL a comienzos de los años ochenta para aprovechar la información de los censos. La insatisfacción de necesidades se evalúa con base en algunas carencias como: 1) tipo de materiales, 2) acceso a agua potable, 3) acceso a sistemas de drenaje, 4) número de miembros del hogar, 5) escolaridad, y 6) nivel educativo y condición de ocupación del jefe del hogar.

Por lo anterior, siguiendo el método NBI, se integran las variables económicas y sociales planteadas en la justificación de las variables, para conformar un subíndice denominado “dimensión socioeconómica de la sostenibilidad urbana”, asociada a los servicios urbanos, que incluye las variables: 1) tipo de materiales en pisos, 2) bienes

y TIC, 3) acceso a sistemas de drenaje, 4) viviendas con agua entubada, 5) viviendas con acceso a energía eléctrica, 6) acceso a servicios de salud y derechohabiencia 7) educación.

La justificación para incluir dichas variables se encuentra restringido por la fuente de información utilizada, El CPV 2010 provee de las variables enlistadas siguiendo las cuatro categorías que deben observarse para delimitar las necesidades básicas no satisfechas de una vivienda Feres & Mancero (2001):

1. Acceso a una vivienda que asegure un estándar de habitabilidad para el hogar
2. Acceso a servicios básicos que aseguren un nivel sanitario adecuado
3. Acceso a educación básica
4. Capacidad económica para alcanzar niveles mínimos de consumo

La determinación de los satisfactores mínimos se establece de acuerdo con la disponibilidad de información que proporciona la fuente de información, en este caso, CPV2010; pero también de las condiciones del área de estudio.

Con relación a los niveles mínimos de habitabilidad<sup>40</sup>, la vivienda debe ofrecer tres satisfactores esenciales: la protección contra factores ambientales, la privacidad y la comodidad para realizar ciertas actividades fisiológicas y sociales (Feres & Mancero, 2001).

---

<sup>40</sup> Se refiere al acceso a del hogar a una vivienda que asegure a sus moradores un estándar mínimo de condiciones, protección al ambiente y que permita el cumplimiento de funciones biológicas y sociales básicas (Comisión Económica para América y el Caribe, 1988).

El primer satisfactor puede medirse con la calidad de los materiales con los que está construida la vivienda, el resto con el acceso a servicios urbanos como el agua, drenaje, energía eléctrica, bienes y acceso a TIC. La disponibilidad del servicio de drenaje al interior de la vivienda se relaciona con la eliminación corporal de desechos personales y la higiene personal; la ausencia de servicio sanitario se relaciona con la privacidad y la salubridad.

La eliminación de aguas servidas brinda un servicio básico a los habitantes y se encuentra relacionada con el incremento de la mortalidad infantil, que es mayor en los hogares que no disponen de este servicio (Feres & Mancero, 2001).

La educación se integra porque es un requerimiento mínimo para que las personas puedan incorporarse a la vida productiva y social. La falta de educación limita a los individuos para mejorar su calidad de vida. Por lo anterior, en la dimensión socioeconómica se incluye la variable nivel educativo, en la cual se identifica la escolaridad del jefe de familia de manera que explique su posibilidad de obtener un mejor ingreso y como consecuencia, acceso a mejor calidad de vida.

Los criterios para determinar los puntos críticos que rigen la dimensión socioeconómica de la sostenibilidad, se describen en el cuadro 11.

**Cuadro 11. Operacionalización variables dimensión socioeconómica**

Indicador	Características	No Sostenibilidad urbana
Desarrollo urbano	Viviendas con acceso a:	
	a) Agua	a) Población sin disponibilidad de agua entubada; cuyo abastecimiento de agua es pozo, río o arroyo, pipa, llave comunitaria, de otra vivienda
	Servicios urbanos	b) Población sin sistema de eliminación de excretas y/o aguas servidas (no drenaje). Desechos en fosa séptica, tubería que da a una barranca o río
	b) Drenaje	c) Población sin acceso a energía eléctrica
	c) Energía eléctrica	e) Población sin afiliación a servicios de salud
	e) Servicios de salud y derechohabencia	f) Nivel académico
	f) Educación	g) Población sin lavadora y refrigerador; televisión, computadora, celular internet
g) Bienes y acceso a TIC		

Fuente: Elaboración propia

### Dimensión desarrollo urbano

Las ciudades latinoamericanas han experimentado un crecimiento poblacional de gran intensidad, asociado a un proceso de urbanización intenso y descontrolado. El incremento poblacional influye en la calidad de vida de las ciudades, donde existe una fuerte presión por oferta de servicios urbanos. La concentración en áreas urbanas, asociada a la localización de los servicios y el empleo, genera un patrón de circulación de personas y mercancías que, incrementa la movilidad cotidiana. De acuerdo a este contexto, se construye el indicador de desarrollo urbano y sostenibilidad, este contempla tres variables básicas: la densidad, el crecimiento urbano, y la movilidad.

De acuerdo con el Libro Verde del Medio Ambiente Urbano (Gobierno de España, 2009), los procesos de transformación de las ciudades implican un análisis de cuatro ejes: compacidad, complejidad, eficiencia y cohesión social. El primer eje, que se discutirá en el presente trabajo de investigación, se refiere a la realidad física del territorio, de ahí que implica la densidad, la ocupación del suelo, el espacio público, la habitabilidad, la movilidad y los servicios. La densidad es un indicador del carácter urbano de las ciudades, se construye a partir de la densidad bruta (población entre superficie) de las ciudades, ponderadas por el tamaño de su población. (SEDESOL, CONAPO, INEGI, 2012)

La ocupación dispersa genera patrones de vida poco sostenibles, por el contrario, la densidad adecuada permite conseguir una dotación de servicios urbanos, transporte público, equipamiento básico y dotaciones comerciales que son indispensables para desarrollar la vida cotidiana desde patrones de proximidad (Hermida, et al., 2015).

La ciudad dispersa es definida como: *“Aquel modelo urbano de baja densidad que presenta discontinuidad en sus partes, con poca diversidad, baja proximidad de usos y que ocupa las periferias, en su mayoría, únicamente para vivienda unifamiliar, alejada de los centros urbanos y, por ende, de los servicios básicos y equipamientos (Lehmann, 2010; Navarro, 2011; Muñiz, Calatayud & García, 2010; Arbury, 2005) Citado en (Hermida, et al., 2015).*

## Crecimiento urbano

La relación entre la densidad y el crecimiento urbano radica en que la ciudad dispersa, producto del crecimiento urbano descontrolado, trae consigo impactos económicos, sociales y ambientales. Los impactos económicos tienen que ver con el incremento en los costos derivados del transporte y la provisión de servicios básicos de infraestructura y equipamientos que demandará la población asentada en las zonas periféricas de las ciudades. Como impactos sociales pueden mencionarse como la falta de inclusión, segregación social, pérdida de la salud, pérdida de espacio público, desigualdad al acceso a la movilidad, entre otros.

Finalmente de los impactos sociales asociados a la ciudad dispersa de acuerdo con Hermida (2015) destacan la pérdida de suelo natural, distorsión del ciclo hídrico, afectación de los valores paisajísticos y contaminación del agua y suelo, contaminación de atmosfera y ruido (cuadro 2).

**Cuadro 12. Operacionalización variables dimensión desarrollo urbano**

	Indicador	Características	No Sostenibilidad urbana
Desarrollo urbano	Poblacional	h) Crecimiento urbano	h) Crecimiento en hectáreas del área urbana
		i) Tasas de crecimiento poblacional	
		j) Densidad	j) Viviendas habitadas k) Viviendas habitadas de un solo cuarto (más de tres personas por cuarto)
		k) Hacinamiento	

Fuente: Elaboración propia

## Dimensión demográfica de la sostenibilidad urbana

La edad y el sexo son las características básicas de una población, ya que son indispensables en cualquier análisis demográfico. De acuerdo con INEGI (2015), se relacionan con el tamaño y crecimiento de la población y posibilitan un panorama más amplio de los tres componentes básicos (fecundidad, mortalidad y migración). Sin embargo, el conocimiento de la estructura por edad, al ser cruzadas con el resto de las variables permite obtener información sobre los requerimientos de servicios de salud, educación, empleo e infraestructura.

**Cuadro 13. Operacionalización variables dimensión demográfica**

	Indicador	Características	No Sostenibilidad urbana
Demográficas		I) Edad y sexo	
	Vulnerabilidad socio demográfica		<p>Población en hogares censales con jefatura femenina</p> <p>Población de menores de 15 años y mayores de 65.</p> <p>Población femenina de 18 años y mas</p> <p>Población femenina de 18 años y más con educación pos-básica</p>

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro 14. Matriz de correlaciones**

Rho de Spearman	ISU	p_poblacion	p_dep_dem	p_p18ym_pb	p_hogief_f	p_vph_plscoot	p_vph_tcuarto	graproas	den_hab	den_pob
ISU	1.000	.441**	-.379**	.597**	.329**	.691**	-.139*	.461**	.164**	.313**
		Coefficiente de correlación								
		Sig. (bilateral)								
		N								
p_poblacion	.441**	1.000	.010	.196**	.345**	.421**	.279**	.083	.465**	.464**
		Coefficiente de correlación								
		Sig. (bilateral)								
		N								
p_dep_dem	-.379**	.010	1.000	-.450**	-.028	-.035	.465**	-.431**	.057	.100
		Coefficiente de correlación								
		Sig. (bilateral)								
		N								
p_p18ym_pb	.597**	.196**	-.450**	1.000	.286**	.017	-.557**	.909**	.323**	-.029
		Coefficiente de correlación								
		Sig. (bilateral)								
		N								
p_hogief_f	.329**	.010	-.028	.286**	1.000	.379**	-.138*	.124*	.353**	.060
		Coefficiente de correlación								
		Sig. (bilateral)								
		N								
p_vph_plscoot	.691**	.421**	-.035	.017	.379**	1.000	.368**	-.135*	.086	.375**
		Coefficiente de correlación								
		Sig. (bilateral)								
		N								
p_vph_tcuarto	-.139*	.279**	.465**	-.557**	.138*	.368**	1.000	-.639**	-.116*	.396**
		Coefficiente de correlación								
		Sig. (bilateral)								
		N								
graproas	.461**	.083	-.431**	.909**	.124*	-.135*	-.639**	1.000	.259**	-.116*
		Coefficiente de correlación								
		Sig. (bilateral)								
		N								
den_hab	.164**	.465**	.057	.323**	.353**	.086	-.116*	.259**	1.000	-.428**
		Coefficiente de correlación								
		Sig. (bilateral)								
		N								
den_pob	.313**	.464**	.100	-.029	.060	.375**	.396**	-.116*	-.428**	1.000
		Coefficiente de correlación								
		Sig. (bilateral)								
		N								

\*\* La correlación es significativa en el nivel 0.01 (bilateral).

\* La correlación es significativa en el nivel 0.05 (bilateral).

Fuente: Elaboración propia.

## Bibliografía

- Adamo, S. B., 2015. Población y Ambiente: cuestiones actuales. *Idéias-Revista do Instituto de Filosofia e Ciências Humanas da UNICAMP*, 6(1), pp. 323-340.
- Alba, F. & Potter, J. E., 1986. Poblacion y desarrollo en México: una síntesis de la experiencia reciente. *Estudios Demográficos y Urbanos*, 1(1).
- Anon., s.f. Spatial Analysis with GeoDa. En: *Spatial Structures in the Social Sciences*. s.l.:s.n., pp. 1-17.
- Anselin, L., 1992. *SPATIAL DATA ANALYSIS WITH GIS: AN INTRODUCTION TO APPLICATION IN THE SOCIAL SCIENCES*, Santa Barbara, CA 93106: Technical Report 92-10.
- Anselin, L., 1995. Local Indicators of Saptial Association. *Geographical Analysis*, 27(2), pp. 94-115.
- Anselin, L., 1996. The Moran Satterplot as a ESDA Tool to Assess Local Instability in Spatial Association. En: *Spatial analytical perspectives in GIS*. s.l.:London, Taylor & Francis, pp. 111-125.
- Anselin, L., 2003. *Spatial Regression with GeoDa*. s.l.:s.n.
- Anselin, L., 2010. Thirty years of spatial econometrics. *Papers in Regional Science*, March.89 (1).
- Anselin, L., 2018. *An Introduction to Spatial Data Analysis*. [En línea]  
Available at:  
[https://geodacenter.github.io/workbook/5a\\_global\\_auto/lab5a.html#morans-i](https://geodacenter.github.io/workbook/5a_global_auto/lab5a.html#morans-i)  
[Último acceso: 16 Mayo 2018].
- Arango, J., 1980. La Teoría de la Transición Demográfica y la Experiencia Histórica. *Reis*, Abril-Junio.Issue 10.
- Arriagada Luco, C., 2003. La dinámica demográfica y el sector habitacional en América Latina. *Población y Desarrollo*.

- Arriagada, I., 2004. Transformaciones sociales y demográficas de las familias latinoamericanas. *Papeles de población*, 10(40), pp. 71-95.
- Balsells, M., Becue, V., Diab, Y. & Serre, D., 2013. Flood resilience assessment of New Orleans neighborhood over time. En: *Resilience and Urban Risk Management*. Londres: Taylor & Francis, pp. 151-166.
- Banamex, Banobras e Infonavit, 2014. *Ciudades competitivas y sustentables*. México: s.n.
- Banco Interamericano de Desarrollo, 2011. *Sostenibilidad Urbana en América Latina y el Caribe*, s.l.: BID.
- Banco Interamericano de Desarrollo, 2017. *Banco Interamericano de Desarrollo*. [En línea]  
Available at:  
[https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/8480/Manual de Base sobre los Derechos Humanos %20al Agua y Saneamiento en LAC.PDF?sequence=3&isAllowed=y](https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/8480/Manual%20de%20Base%20sobre%20los%20Derechos%20Humanos%20al%20Agua%20y%20Saneamiento%20en%20LAC.PDF?sequence=3&isAllowed=y)  
[Último acceso: 2018].
- Barrios González, M. C. & Hernán, . M., 2014. Socio-demographic and spatial analysis of labour mobility in Canary Islands. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, Issue 66.
- Beck, U., 1986. *La sociedad del riesgo. Hacia una nueva modernidad*. 1998 ed. Buenos Aires: Paidós.
- Beck, U., 1998. *La sociedad del riesgo. Hacia una nueva modernidad*. Barcelona: Paidós.
- Bertalanffy, L. V., 1976. *Teoría General de los Sistemas*. Primera ed. México: Fondo de Cultura Económica.
- Bettin, G., 1982. *Los Sociólogos de la Ciudad*. Barcelona: Gustavo Gilli.
- Cardenal Sevilla, L., s.f. De la Vulnerabilidad a la Sostenibilidad: Ejes de Transformación para una Sociedad en Condiciones Crónicas de Riesgo. *Memorias del Foro sobre el Huracán Mitch*.
- Casado Izquierdo, J. M., 2008. Estudios de movilidad cotidiana en México. *Scripta Nova*, 12(273).

- Castells, M., 2000. *La sociedad red*. Segunda ed. Madrid: Alianza Editorial.
- Castells, M., 2008. *La cuestión urbana*. Decimoséptima ed. s.l.:Siglo xxi.
- CELADE-CEPAL, 2005. Dinámica demográfica y desarrollo en América Latina y el Caribe. *Población y desarrollo*, Issue 58.
- Centro Mario Molina para Estudios Estratégicos sobre Energía y Medio Ambiente A.C., 2014. *Ciudades: Mérida, Escenarios de Crecimiento. Modelos de Desarrollo Sustentable*, México: Centro Mario Molina.
- CEPAL, 2000. Encuentro Latinoamericano y caribeño sobre las personas de edad. *Serie Seminarios y Conferencias*, Volumen 2.
- CEPAL, 2002. “*Vulnerabilidad sociodemográfica: viejos y nuevos riesgos para comunidades, hogares y personas*”, Brasilia: CELADE-CEPAL.
- CEPAL, 2007. *Indicadores ambientales y de desarrollo sostenible: avances y perspectivas para América Latina y el Caribe*, Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- CEPAL, 2013. *Consenso de Montevideo sobre Población y Desarrollo*, Montevideo: s.n.
- CEPAL, 2017. *Desarrollo sostenible, urbanización y desigualdad en América Latina y el Caribe*, Santiago: CEPAL.
- CEPAL-Naciones Unidas, 2015. *Guía operacional para la implementación y el seguimiento del Consenso de Montevideo sobre Población y Desarrollo*, Ciudad de México: s.n.
- Colae, A., 1977. *La transición demográfica*. Chile, CELADE.
- Comisión Económica para América y el Caribe, 1988. *Ecuador. Mapa de Necesidades Insatisfechas*, Ecuador: PNDU.
- CONAPO, 2003. *La situación demográfica de México*. México, D.F.: s.n.
- CONAPO, 2012. *Delimitación de Zonas Metropolitanas de México*. México: s.n.
- Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano, 1972. *Declaración de Estocolmo sobre Medio Ambiente Humano*. Estocolmo, ONU.
- Conferencia Europea sobre Ciudades Sostenibles, 1994. *Carta de las Ciudades Europeas hacia Sostenibilidad*, Dinamarca: s.n.

- Corona, R., 2002. La movilidad interurbana en la formación de una región metropolitana. En: J. Delgadillo Macías & A. Iracheta Cenecorta, eds. *Actualidad de la investigación regional en el México central*. México: Plaza y Valdés, pp. 285-308.
- Cunha, J. M., 2006. Para uma conceituação interdisciplinar da vulnerabilidade. En: *Novas Metrôpoles Paulistas: população, vulnerabilidade e segregação*. Brasil: Nepo: Campinas, pp. 21-50.
- Cunha, J. M., 2006. População, vulnerabilidade e segregação. En: *Novas Metrôpoles Paulistas*. s.l.:Campinas, pp. 8-12.
- Cunha, J. M. P., Jacob, A. A. E., Hogan, D. J. & Carmo, R. L., 2006. A vulnerabilidade social no contexto metropolitano: o caso de Campinas. En: J. M. P. d. Cunha, ed. *Novas Metrôpoles Paulistas. População, vulnerabilidade e segregação*. Campinas: Unicamp, pp. 143-168.
- Dávila , J. D. & Brand, P., 2012. La gobernanza del transporte público urbano: Indagaciones alrededor de los Metrocables de Medellín. *Bitácora 21*, Issue 2, pp. 85-96.
- Davis, J. C. & Henderson, J., 2003. Evidence on the political economy of the urbanization process. *Journal of Urban Economics*, 53(1), pp. 98-125.
- Enrique Leal, G., 2013. *Debate sobre la sostenibilidad*. Bogotá: s.n.
- Feres , J. C. & Mancero, X., 2001. *EL Método de las Necesidades Básicas Insatisfechas y sus aplicaciones en América Latina*, s.l.: CEPAL.
- Fondo de Poblacion de la Naciones Unidas, 2004. *Programa de Acción aprobado en la Conferencia sobre Población y Desarrollo El Cairo*. [En línea]  
Available at: [http://www.un.org/popin/icpd/newslett/94\\_19/icpd9419.sp/1lead.stx.html](http://www.un.org/popin/icpd/newslett/94_19/icpd9419.sp/1lead.stx.html)
- Fotheringham, S. & Rogerson, P., 2005. Integrating GIS and spatial analysis: an overview of the issues. En: *Spatial analysis and GIS*. USA: Taylor & Francis, pp. 8-25.
- Fotherinham, S. & Brunsdon , C., 1999. Local forms of spatial analisys. *Geographical Analysis*, Octubre, 31(4), pp. 340-358.
- Fraga, A., 2006. El descenso de la fecundidad en Cuba: de la primera a la segunda transición demográfica. *Revista Cubana Salud Pública*, 1(32).

Fuentes Flores, C. & Hernández Hernández, V., 2013. Segregación socioespacial y accesibilidad al empleo en Ciudad Juárez, Chihuahua (2000-2004). *Región y sociedad*, Issue 56, pp. 43-74.

Garrocho, C. y otros, 2014. *Hacia una cultura de las Ciudades Sostenibles*. México: Fondo de Población de Naciones Unidas (UNFPA).

Garrocho-Rangel, C., 2016. Ciencias sociales espacialmente integradas: la tendencia de Economía, Sociedad y Territorio. *Economía, Sociedad y Territorio*, xvi(50), pp. I-XX.

Garza, G., 2003. *La urbanización de México en el siglo XX*. Primera reimpression, 2005 ed. México, D.F.: El Colegio de México.

Getis, A., 2005. Spatial dependence and heterogeneity and proximal databases. En: *Spatial analysis and GIS*. USA: Taylor & Francis, pp. 60-72.

Getis, A. & Ord, J., 1992. The Analysis of Spatial Association by Use of Distance Statistics. *Geographical Analysis*, 24(3), pp. 189-206.

Glanz, T., Nam, Y. & Tang, Z., 2012. Sustainable Urban Design and Walkable Neighborhoods. En: *Sustainable Development Policy and Urban Development – Tourism, Life Science, Management and Environment*. USA: InTech, pp. 67-82.

Gobierno de España, 2007. *Libro verde de medio ambiente urbano*, Barcelona: Ministerio de Medio Ambiente.

Gobierno de España, 2009. *Libro verde de medio ambiente urbano Tomo II*, Barcelona: s.n.

Gobierno de España, 2010. *Sistema de indicadores y condicionantes para ciudades grandes y medianas*, Barcelona, España: Ministerio de Fomento.

Gobierno de España, 2010. *Sistema Municipal de Indicadores de Sostenibilidad*, Madrid: s.n.

Gobierno de España-Ministerio de Fomento, 2011. *Certificación del Urbanismo Ecosistémico*, Barcelona: s.n.

González, M. J., 2002. La Ciudad Sostenible. Planificación y Teoría de Sistemas. *Boletín de la A.G.E.*, Issue 33, pp. 93-102.

Grant, W., 1998. Ecology and natural resource management: reflections from a systems perspective. *Ecological Modelling*, Issue 108, pp. 67-76.

Henderson, V., 2003. The Urbanization Process and Economic Growth: The So-What Question. *Journal of Economic Growth*, Volumen 8, pp. 47-71.

Hermida, A., Hermida, C., Cabrera, N. & Calle, C., 2015. La densidad urbana como variable de análisis de la ciudad. El caso de Cuenca, Ecuador. *EURE*, 41(124), pp. 25-44.

Hernández Castro, N. L., 2006. La sostenibilidad en el desarrollo de la vivienda informal. *Tabula Rasa*, Junio, Issue 4, pp. 287-303.

Hogan, D. J., 2007. *Dinâmica populacional e mudança ambiental: cenários para o desenvolvimento brasileiro*. Brasil: Campinas: Núcleo de Estudos de População- Nepo/Unicamp.

INEGI, 2010. *Censo de Población y Vivienda*. México: s.n.

INEGI, 2014. *Encuesta Nacional de la Dinámica Demográfica. Síntesis Metodológica y Conceptual*, México: s.n.

INEGI, 2015. *Encuesta Intercensal. Síntesis Metodológica y Conceptual*, México: s.n.

INEGI, 2018. *Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática*. [En línea] Available at: [http://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/rur\\_urb.aspx?tema=P](http://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/rur_urb.aspx?tema=P) [Último acceso: 2018].

Kaztman, R. y otros, 1999. *Vulnerabilidad, Activos y Exclusión Social en Argentina y Uruguay*. 1999 ed. Chile: OIT.

Leal, G. E., 2013. *Debate sobre la sostenibilidad*. Bogotá: s.n.

Lee, R. D. & Reher, D. S., 2011. *Demographic Transition and its consequences*. Nueva York: s.n.

Leff, E., Ezcurra, E., Pisanty, I. & Romero, P., 2002. Movilidad poblacional, sustentabilidad y vulnerabilidad. En: *La Transición hacia el Desarrollo Sustentable. Perspectivas de América Latina y el Caribe*. Primera ed. México, D.F.: s.n., pp. 161-185.

Lezama, J. L., 2002. *Teoría social, Espacio y Ciudad*. 2da. ed. México: El Colegio de México.

Longley, P. A. & Tobon, C., 2003. *Spatial dependence and heterogeneity in patterns of urban deprivation*. Jyvaskyla, Finland, s.n., pp. 27-30.

- Marandola Jr., E. J., 2008. *Habitar em risco. Mobilidade e vulnerabilidade na experiência metropolitana*. São Paulo(Campinas): Unicamp.
- Martínez Rivera, S. E. & Trápaga Delfín, Y., 2012. La ciudad en los procesos de desarrollo económico global. En: *Construyendo ciudades sustentables: experiencias de Pekín y la Ciudad de México*. México, D.F.: UNAM, pp. 13-26.
- Medina, P., Bass, S. & Fuentes, C., 2019. La Vulnerabilidad Social en Ciudad Juárez, Chihuahua, México. Herramientas para el Diseño de una Política Social. *INVI*.
- Miralles-Guash, C., 2002. *Ciudad y Transporte el binomio imperfecto*. Barcelona: s.n.
- Moreno Pérez, S. & Meixueiro Nájera, G., 2007. Poblamiento, servicios urbanos y sustentabilidad del proceso de urbanización. En: *El desarrollo metropolitano y la sustentabilidad de las ciudades*. México: Centro de Estudios Sociales y de Opinión Pública, pp. 117-131.
- Moser, C., 1998. The Asset Vulnerability Framework: Reassessing Urban Poverty Reduction Strategies. *World Development*, 26(1), pp. 1-19.
- Naredo, J. M., 1996. Sobre el origen, el uso y el contenido del término sostenible. *Cuadernos de Investigación Urbanística*, Issue 41.
- Novo, M., s.f. El Desarrollo Local en la Sociedad Global: Hacia un Modelo "Glocal" Sistémico y Sostenible. En: *Desarrollo Local y Agenda 21. Una Vision Social y Educativa*. s.l.:s.n.
- Obra Social Caja Madrid, 2010. *Movilidad Urbana sostenible, un reto energético y ambiental.*, Madrid, España.: Argumentos para la cultura.
- Odland, J., 1988. *Spatial Autocorrelation*. USA: Sage.
- ONU, 1996. *INFORME DE LA CONFERENCIA DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS (HABITAT II)*. Estambul, CONFERENCIA DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS.
- ONU, 2013. *Implementación del Programa de Acción de la Conferencia Internacional sobre la Población y el Desarrollo en América Latina y el Caribe*, Montevideo: s.n.
- ONU, 2016. *Nueva Agenda Urbana-Habitat III*, Quito: s.n.
- ONU, 2018. *Organización de las Naciones Unidas*. [En línea]  
Available at: <https://www.un.org/development/desa/es/news/population/2018-world->

[urbanization-prospects.html](#)

[Último acceso: abril 2018].

ONU, 2018. *Organización de las Naciones Unidas-Objetivos del Desarrollo Sostenible*. [En línea]

Available at: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/poverty/>

[Último acceso: enero 2018].

Ord, J. & Getis, A., 1995. Local Spatial Autocorrelation Statistics: Distributional Issues and an Application. *Geographical Analysis*, 27(4), pp. 286-306.

Ordorica, M. & Prud'homme, J.-F., 2012. *Los grandes problemas de México: Población*. México, D.F.: El Colegio de México.

Orozco Gómez, I. E. & Guzmán López, S., 2015. Reflexiones sobre la habitabilidad de la vivienda social. *Bitácora*, Issue 25, pp. 27-139.

Partida Bush, V., 2004. La transición demográfica y el proceso de envejecimiento en México. En: *La situación demográfica de México*. s.l.:s.n.

Pírez, P., 2013. La Urbanización y la Política de los Servicios Urbanos en América Latina. *Andamios*, 10(22), pp. 45-67.

Polèse, M., 1998. *Economía Urbana y Regional*. Costa Rica: Libro Universitario Regional.

Prieto, M. B., 2007. Condiciones habitacionales y calidad de vida urbana. El caso de la ciudad de Bahía Blanca. *IX Jornadas Argentinas de Estudios de Población*.

Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos, 2012. *Estado de las Ciudades de América Latina y el Caribe*, Brasil: ONU-Habitat.

Radoslav, R., Găman, M. S. & Morar, T., 2012. Sustainable Urban Development Through the Empowering of Local Communities. En: *Sustainable Development - Policy and Urban Development Tourism, Life Science, Management and Environment*. Rumania: InTech Europe, pp. 41-66.

Recchini de Lattes, Z., 2000. *Tendencias y perspectivas del envejecimiento de la población femenina y masculina en Argentina*. Santiago de Chile, CEPAL-CELADE.

Rodríguez Bautista, J. J. & Cota Yáñez, M. d. R., 1999. Evolución interna de las principales zonas metropolitanas de México. *Bancomext*.

Rodríguez Tijerina, M., 2015. Ciudades Sostenibles en Latinoamérica. *SciencesPo*, Noviembre. Issue 16.

Rodríguez Vignoli, J., 2000. Vulnerabilidad demográfica: una faceta de las desventajas sociales. *Serie Poblacion y Desarrollo*, Issue 5.

Rodríguez Vignoli, J., 2001. *Vulnerabilidad demográfica en América Latina ¿Qué hay de nuevo?*. Santiago de Chile: s.n.

Salado García, M. J., Rojas Quezada, C. & de Carvalho Cantergiani, C., 2008. Modelos Territoriales y Sistemas de Indicadores de Sostenibilidad. *Serie Geográfica*, Issue 14, pp. 131-145.

Sánchez Peña, L., 2006. *Métodos para el análisis espacial. Una aplicación al estudio de la geografía de la pobreza*. Guadalajara, México, II Congreso de la Asociación Latinoamericana de Población.

Sánchez Salinas, O. A. & Fuentes Flores, C. M., 2016. El robo de vehiculos y su relación espacial con el contexto sociodemográfico en tres delegaciones centrales de la Ciudad de México. *Investigaciones Geográficas*, Issue 89, pp. 107-120.

Schkolnik, S. & Chackiel, J., 1998. América Latina: La Transición Demográfica en Sectores Rezagados. *Notas de Población*.

Schteingart, M. & Solís, M., 1995. *Vivienda y Familia en México: Un Enfoque Socio-Espacial*. Primera ed. Aguascalientes: INEGI.

SEDATU-CONAVI, 2017. *Código de Edificación de Vivienda*, México: s.n.

SEDESOL, Secretaría de Desarrollo Social, 1998. *MEXICO 2020; Un Enfoque Territorial del Desarrollo, Vertiente Urbana*, México: s.n.

SEDESOL, CONAPO, INEGI, 2012. *Sistema Urbano Nacional*. México, D.F.: s.n.

Sobrino, J., 2007. Patrones de Dispersión Intrametropolitana en México. *Estudios Demográficos y Urbanos*, 22(3), pp. 583-617.

Sobrino, J., 2011. *La urbanización en el México contemporáneo*, Santiago, Chile: CEPAL.

Sobrino, J., 2013. DINÁMICA DE LA MIGRACIÓN INTERNA EN MÉXICO . En: *DINÁMICA DE LA MIGRACIÓN INTERNA EN MÉXICO EN LA PRIMERA DECADA DEL NUEVO MILENIO*. México: Biblioteca Jurídica Virtual del Instituto de Investigaciones Jurídicas de la UNAM, pp. 201-215.

Sobrino, J. y otros, 2015. *Ciudades sostenibles en México: una propuesta conceptual y operativa*, México: s.n.

Souza, M. A. A. d., 2009. Medio ambiente y desarrollo sustentable. Las metáforas del capitalismo. *Cronos Natal*, 10(2), pp. 101-117.

Taha, H. A., 2012. *Investigación de Operaciones*. Novena ed. México: Pearson.

Tobler, W., 1970. A Computer Movie Simulating Urban Growth in the Detroit Region. *Economic Geography*, Junio, Volumen 46, pp. 234-240.

UNFPA, 2007. *Estado de la Población Mundial*, Estados Unidos de América: Fondo de Población de las Naciones Unidas.

Unikel, L., 1976. *El Desarrollo Urbano de México: Diagnóstico e implicaciones futuras*. México, D.F.: s.n.

Welti, C., 1997. *Demografía I*. 1997 ed. México: PROLAP-IISUNAM.