

# Grado de accesibilidad a carretera pavimentada

Documento metodológico

Octubre 2018

## **Directorio**

### **Consejo académico**

#### **María del Rosario Cárdenas Elizalde**

Universidad Autónoma Metropolitana

#### **Fernando Alberto Cortés Cáceres**

Facultad Latinoamericana de Estudios Sociales  
Sede México

#### **Agustín Escobar Latapí**

Centro de Investigaciones y Estudios  
Superiores en Antropología Social-Occidente

#### **Salomón Nahmad Sittón**

Centro de Investigaciones y Estudios  
Superiores en Antropología Social-Pacífico Sur

#### **John Scott Andretta**

Centro de Investigación y Docencia Económicas

#### **Graciela María Teruel Belismelis**

Universidad Iberoamericana

## **Secretaría Ejecutiva**

**Gonzalo Hernández Licona**

Secretario Ejecutivo

**Ricardo César Aparicio Jiménez**

Director General Adjunto de Análisis de la Pobreza

**Thania Paola de la Garza Navarrete**

Directora General Adjunta de Evaluación

**Édgar A. Martínez Mendoza**

Director General Adjunto de Coordinación

**Daniel Gutiérrez Cruz**

Director General Adjunto de Administración

## **Equipo Técnico**

Ricardo César Aparicio Jiménez

Mónica Tinajero Bravo

Flor Araceli Ruiz Peña

Carlos Enrique Vázquez Juárez

Orlando García Vega

Diana Zuleima Zaragoza Aguiña

Benjamín Figueroa Solano

Miguel Ángel Chong Rodríguez

## **Revisión Técnica**

María del Rosario Cárdenas Elizalde

Fernando Alberto Cortés Cáceres

Agustín Escobar Latapí

Salomón Nahmad Sittón

John Scott Andretta

Graciela María Teruel Belismelis

## **Grado de accesibilidad a carretera pavimentada**

### **Documento metodológico**

#### **1. Introducción**

La Ley General de Desarrollo Social (LGDS), publicada en 2004, en su Artículo 36 estableció que el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL) es el órgano responsable de determinar los lineamientos y criterios para la definición, identificación y medición de la pobreza, para lo que habrá de considerar, al menos, los ocho indicadores siguientes: *i)* ingreso corriente per cápita; *ii)* rezago educativo promedio en el hogar; *iii)* acceso a los servicios de salud; *iv)* acceso a la seguridad social; *v)* calidad y espacios de la vivienda; *vi)* acceso a los servicios básicos en la vivienda; *vii)* acceso a la alimentación y *viii)* grado de cohesión social. No obstante, el 7 de noviembre de 2013, se publicó en el Diario Oficial de la Federación una modificación a este Artículo, en la que se agregó un nuevo indicador a los ocho existentes para la medición de la pobreza, denominado grado de accesibilidad a carretera pavimentada. En tanto que esta accesibilidad engloba elementos de naturaleza geográfica, así como relacional, y alude a escalas de agregación superiores al hogar y al individuo, el indicador formará parte del espacio del contexto territorial<sup>1</sup> y se construirá a nivel de localidad.

La accesibilidad es un concepto para el cual no existe un consenso en su definición. Las posturas van desde aquellas que la consideran solo como accesibilidad física o potencial, es decir, miden la distancia entre origen y destino, tomando en cuenta elementos relacionados con las características orográficas y del medio natural (Aday *et al.*, 1980; Joseph y Phillips, 1984); hasta las que le dan un enfoque social, y argumentan el concepto a partir de la utilidad para facilitar el acceso a los servicios (Niemeier, 1997; Sweet, 1997 y Martínez, 1995). Garrocho y

---

<sup>1</sup> La metodología para la medición multidimensional de la pobreza considera tres espacios: el del bienestar económico, el de los derechos sociales y el del contexto territorial (CONEVAL, 2014).

Campos (2006) señalan que la accesibilidad es un concepto fácil de comprender hasta que se plantea la necesidad de definirlo y medirlo. Sin embargo, como lo exponen Chias, Iturbe y Reyna (2001), la accesibilidad es un concepto multidimensional y complejo que integra dos dimensiones de naturaleza distinta: la dimensión geográfica que refiere a la distancia física (accesibilidad física) a la que se encuentran los objetos o los servicios a los cuales se quiere acceder, y la dimensión social (accesibilidad útil) que incluye las características de las personas o de los servicios a los que se quiere acceder.

Bajo el esquema de la accesibilidad como un concepto multidimensional, el indicador de accesibilidad a carretera pavimentada debe integrarse por componentes físico-geográficos y sociales que permitan categorizar la accesibilidad de la población hacia la carretera pavimentada con una utilidad en beneficio de su calidad de vida. Correa y Rozas (2006) mencionan que la accesibilidad a la infraestructura vial influye en la cohesión territorial, económica y social, ya que permite la integración de territorios aislados.

La infraestructura carretera juega un papel importante en la configuración territorial del país tanto a escala nacional, como estatal y municipal. Su existencia y eficiencia influye en el desarrollo económico, la competitividad y desarrollo humano. No obstante, su ausencia tiene repercusiones en las condiciones de vida de la población debido al aislamiento, la falta de servicios y el abastecimiento de productos que afectan la calidad de vida de las personas. La disponibilidad de vialidades mejora la conectividad de la población con los servicios públicos de salud y educación, que se traducen en mejores condiciones de salubridad e higiene y de oportunidades de educación (Pérez *et al.*, 2009), lo cual en el largo plazo tiende a incidir en los niveles de pobreza de la población.

La red carretera en México atraviesa todo el país de norte a sur y de costa a costa, lo cual ha permitido la comunicación entre regiones, comunidades, así como la integración de distintos sectores de la sociedad para promover el intercambio de

productos, la movilidad de las personas y asegurar la prestación de servicios a la población (SCT, 2011). Sin embargo, esta conexión se ha presentado de forma gradual ya que, por la extensión del país, y la orografía que dista de ser plana, hay zonas que tienen una accesibilidad deficiente, lo cual se puede convertir en un factor de asilamiento, así como una limitante para tener acceso a los servicios.

De acuerdo con la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, existen dos grandes grupos de infraestructura carretera: i) la red carretera que está conformada por las vialidades interurbanas integrada por autopistas y carreteras, y ii) la red de carreteras alimentadoras y caminos rurales, cuya función es conectar a las localidades con los núcleos urbanos. La carretera pavimentada entra en el primer grupo y se caracteriza por tener una superficie de rodamientos dura, presenta mayor espesor de asfalto y concreto, lo cual permite la circulación de cualquier vehículo automotor. El Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2013), define como carretera pavimentada aquella vía de comunicación terrestre cuya estructura consta de un terraplén, obras de arte y revestimiento para tránsito de vehículos.

Dada la importancia de la accesibilidad a la infraestructura carretera y con el objetivo de dar cumplimiento a lo dispuesto en la LGDS, a continuación se presenta la metodología utilizada por el CONEVAL para la construcción del indicador del grado de accesibilidad a carretera pavimentada. Primero, se abordan brevemente los indicadores generados por otras instituciones, posteriormente, se señalan los elementos considerados por el Consejo, después se describe la manera en que se generaron los componentes del indicador y, por último, la forma en que estos se integraron para agrupar a las localidades en grados de accesibilidad.

## **2. Antecedentes**

De manera general, la accesibilidad se concibe como la capacidad de alcanzar los lugares respecto a la separación espacial y que configura las oportunidades para

una potencial interacción con los elementos del resto del territorio. Los conceptos más recientes consideran dos tipos de accesibilidad: la del individuo, y la del lugar, este enfoque es el que se considera en la metodología que se utilizó.

Los indicadores de accesibilidad se pueden clasificar en dos grandes grupos de investigación: los que contemplan solo la accesibilidad física y miden la distancia lineal (euclidiana) entre un punto de origen y uno de destino (zona de influencia o *buffer*), y los que se construyen a partir de la integración de la accesibilidad física y la accesibilidad útil de connotación social a través de componentes espaciales, temporales y de transporte.

En la administración pública, así como en la academia, se han diseñado indicadores de los dos tipos para resolver problemáticas específicas, por ejemplo, Chias (2004) propone un indicador de grado de accesibilidad a carretera pavimentada y estima la distancia lineal entre la localidad y la carretera pavimentada con un *buffer* de tres kilómetros, es decir, solo utiliza la accesibilidad física. Ejemplos de indicadores en los cuales se consideran las dos dimensiones son los de accesibilidad a unidades de servicios (Garrocho, 1995; Garrocho y Campos, 2006).

El indicador de grado de accesibilidad a carretera pavimentada (GACP) que presenta el CONEVAL, retoma técnicas y enfoques de análisis a partir de la bibliografía consultada, y también, utiliza como antecedentes tres indicadores elaborados por instituciones gubernamentales: el grado de accesibilidad propuesto por la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), la condición de ubicación geográfica diseñado por el Consejo Nacional de Población (CONAPO) y la proporción de la población rural que vive a menos de 2 kilómetros de una carretera transitable todo el año del INEGI. Dichas propuestas incluyen elementos de tipo geográfico, incorporan el tamaño de las localidades y hacen uso de diferentes técnicas de análisis geoespacial (cuadro 1). El planteamiento del CONEVAL



considera también elementos de la dimensión social para fortalecer la construcción del indicador, como se describe en el siguiente apartado.

### Cuadro 1. Propuestas de indicadores de grado de accesibilidad a carretera pavimentada

	SEDESOL Grado de Accesibilidad	CONAPO Condición de ubicación geográfica	INEGI Proporción de la población rural que vive a menos de 2 kilómetros de una carretera transitable todo el año
<b>Escalas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Localidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Localidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nacional</li> <li>Estatad</li> </ul>
<b>Insumos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Carreteras, caminos y calles</li> <li>Modelos digitales de elevación</li> <li>Áreas urbanas</li> <li>Uso de suelo y vegetación</li> <li>Corrientes de agua y cuerpos de agua</li> </ul> (Serie III, 2007) Catalogo de localidades	<ul style="list-style-type: none"> <li>Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2015</li> <li>Modelos digitales de elevación</li> <li>Áreas urbanas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Red Nacional de Caminos y Carreteras</li> <li>Población rural</li> </ul>
<b>Técnicas geoespaciales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ponderación de Distancia Inversa IDW (<i>Inverted Distance Weighted</i>)</li> <li>Superposición ponderada (<i>Weighted Overlay</i>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Costo distancia</li> <li>Análisis superficial de terreno (pendientes)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>No se reporta</li> </ul>
<b>Metodología</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Análisis multicriterio que enfatiza otra manera de comprender la condición de ubicación y elementos del entorno geográfico</li> <li>Establece 10 rangos de ponderación para 4 variables, por lo que la especificidad de los cálculos son dependientes al juicio numérico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Establece la cercanía a localidades urbanas e infraestructura vial considerando las pendientes del terreno</li> <li>Da jerarquías a las localidades por número de población y consideraciones de equipamiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Indicador y metodología en revisión</li> </ul>
<b>Consideraciones</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La cercanía a vías de comunicación terrestre son el eje de análisis, sin embargo no se consideran los polos de atracción (ciudades) y su equipamiento</li> <li>El diseño es para un análisis local y no de contexto nacional</li> <li>Se dan jerarquías de influencia por 3 km a carreteras y calles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Considera únicamente las pendientes como condicionantes de accesibilidad.</li> <li>Los análisis establecen hasta 5 km de distancias de proximidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Indicador 91.1 de los ODS Industria, Innovación e infraestructura</li> </ul>

Fuente: SEDESOL (2015); CONAPO (2016) e INEGI (2017).

### 3. Elementos y componentes del indicador

El indicador GACP construido por el CONEVAL integra tanto la accesibilidad física como la útil, los elementos que se consideran para generarlo son los siguientes:

- **Carretera pavimentada.** El grado de accesibilidad se mide en función de la existencia de infraestructura carretera con la característica de pavimentada.
- **Localidades.** Se considera la ubicación (coordenada geográfica) de las localidades rurales y urbanas como punto de origen para estimar la accesibilidad a la carretera pavimentada (destino), así como su número de habitantes.

- **Pendiente del terreno.** Debido a la complejidad orográfica del país, las condiciones del relieve pueden ser una condicionante para el acceso a la carretera pavimentada.
- **Vegetación, uso de suelo y cuerpos de agua.** La vegetación densa y los cuerpos de agua pueden funcionar como barreras naturales para la accesibilidad a la carretera pavimentada, dificulta la movilidad de las personas.
- **Disponibilidad de transporte público.** Su disponibilidad garantiza que la población haga uso de la vía. También se toman en cuenta los tiempos de traslado a la cabecera municipal, ya que si estos son prolongados se convierten en una limitante de la accesibilidad.
- **Tiempo de desplazamiento a las localidades con más de 15,000 habitantes (denominadas para propósitos de este trabajo centros de servicio).** Estas localidades se convierten en un factor de atracción para la población debido a la concentración de bienes y servicios, al estar conectadas con la red de caminos, propician la integración de mercados.

A partir de los elementos anteriores, se generan tres componentes que integran el indicador de grado de accesibilidad a carretera pavimentada, el primero se refiere a la dimensión física y los otros dos a la social:

- a) La distancia tridimensional desde las localidades hasta la carretera pavimentada, la cual contempla las pendientes del terreno, el tipo de uso de suelo, la cobertura vegetal y presencia de cuerpos de agua como elementos que repercuten en la proximidad.
- b) La disponibilidad de transporte público, el cual es un factor que contextualiza hasta qué grado se puede hacer uso o no de la carretera pavimentada y, por ende, se permite la movilidad de la población.
- c) El tiempo promedio de traslado desde las localidades hacia los centros de servicio (localidades de 15,000 o más habitantes) que se caracterizan por

disponer de servicios como salud, educación, empleo, financieros y de mercado.

El cálculo de estos componentes se efectúa a través de técnicas de análisis geoespacial que involucran el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG). A continuación se describe el desarrollo metodológico utilizado para generar los componentes que integran el grado de accesibilidad a carretera pavimentada.

#### **a) Distancia a carretera pavimentada**

La distancia es el principal componente que caracteriza la accesibilidad ya que especifica el nivel de contacto (cercanía o lejanía) entre dos espacios: la localidad y la carretera pavimentada más cercana.

Los análisis de proximidad con técnicas geoespaciales disponen principalmente de dos técnicas para la estimación de distancias. La primera, deriva del cálculo con zonas de influencia (*buffer*), mediante la cual obtienen distancias lineales a partir de un elemento vectorial (en este caso la carretera pavimentada), su desventaja recae en que al ser lineales no consideran los elementos que puedan afectar el trayecto de esta distancia. La segunda, la cual se utilizó en el GACP, considera que los elementos del entorno natural que generen un costo-fricción para el desplazamiento, se reflejen en la distancia, ya que la superficie terrestre es tridimensional y no bidimensional. Por ejemplo, una localidad puede encontrarse linealmente a una distancia de 500 metros de una carretera pavimentada, sin embargo, los factores del entorno natural como la inclinación del terreno y el tipo de vegetación, cuerpos de agua o uso de suelo, podrían aumentar e incluso duplicar la longitud del trayecto a recorrer.

Para obtener cálculos precisos, apegados a parámetros oficiales y vigentes de referencia cartográfica de los Estados Unidos Mexicanos, se utilizó el marco geodésico *International Terrestrial Reference (ITRF08)* época 2010 con proyección Cónica Conforme de Lambert con parámetros establecidos por el INEGI (anexo 1).

Asimismo, para desarrollar los procedimientos técnicos se utiliza el sistema de información geográfica ArcGIS versión 10.6 y versión PRO 2.1, por ser un software que cuenta con múltiples herramientas estandarizadas de análisis geoespacial y que proporciona estabilidad en los procesos.<sup>2</sup>

El primer elemento a obtener correspondió a las pendientes de terreno (en grados) del territorio nacional. Para ello se utilizó como fuente de información el continuo de elevaciones mexicano (CEM) 3.0 (formato ráster<sup>3</sup>), con factores de corrección por latitud (anexo 2), y la herramienta de análisis pendiente (del inglés *slope*) contenida en el conjunto de herramientas *Surface* de ArcGIS.

A partir del ráster previamente construido, mediante la herramienta reclasificación (del inglés *reclassify*), las pendientes del terreno se agruparon de acuerdo a sus grados de inclinación en cinco grupos ordenados (cuadro 2),<sup>4</sup> lo que dio como resultado un nuevo ráster, en donde el valor 1 se refiere al de mayor inclinación y 5 al de menor.

**Cuadro 2. Clasificación de las pendientes de terreno según su grado de inclinación**

Pendiente del terreno	Valor
0 a 5° (plano)	5
6 a 10° (ondulado)	4
11 a 15° (lomeríos)	3
16 a 20° (montañas)	2
más de 20° (escarpado)	1

Fuente: Elaborado por el CONEVAL con base en SEDESOL (2015), Chias, Iturbe y Reyna (2001) y Ubilla (2017).

<sup>2</sup> La mayoría de los procedimientos técnicos se pueden realizar en otros programas como QGIS y gvSIG de código libre.

<sup>3</sup> El formato ráster se constituye por una matriz de celdas (píxeles) con mismas dimensiones verticales y horizontales. Se usó resolución a 90 metros con sistema de coordenadas geográficas ITRF92.

<sup>4</sup> Esta clasificación se implementó con base en los antecedentes técnicos y metodológicos propuestos por la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL, 2015), así como en los artículos de investigación de Chias, Iturbe y Reyna (2001) y Ubilla (2017).

A continuación se utilizó la capa vectorial de uso de suelo y vegetación (serie VI) del INEGI, que considera 182 tipos de descripciones, las cuales se agruparon en 20 clases con base en sus similitudes<sup>5</sup>. A partir de estas 20 clases se hizo una reagrupación en 5 categorías ordinales de acuerdo a sus características de entorno antrópico o natural y nivel de dificultad para la movilidad en los entornos (cuadro 3).<sup>6</sup> Una vez asignados los grupos mediante valores de 1 a 5, en donde 1 corresponde a la mayor dificultad para desplazarse y 5 a la de menor, la capa vectorial se transformó a formato ráster.

**Cuadro 3. Clasificación del uso de suelo y vegetación**

Uso de suelo y vegetación	Valor
Uso de suelo urbano (localidades con más de 15,000 habitantes)	5
Agricultura de riego	4
Agricultura de temporal	4
Asentamientos humanos	4
Pastizal	4
Sin vegetación aparente	4
Vegetación secundaria herbácea de bosque	4
Vegetación secundaria herbácea de selva	4
Bosque cultivado	4
Acuícola	3
Agricultura de humedad	3
Matorral	3
Otros tipos de vegetación	3
Vegetación secundaria arbustiva de bosque	3
Vegetación secundaria arbustiva de selva	3
Vegetación secundaria arbórea de bosque	2
Vegetación secundaria arbórea de selva	2
Cuerpo de agua	1
Bosques	1
Selva	1
Vegetación hidrófila	1

Fuente: Elaborado por el CONEVAL con base en INEGI (2017), SEDESOL (2015) y Sánchez, et al. (2004).

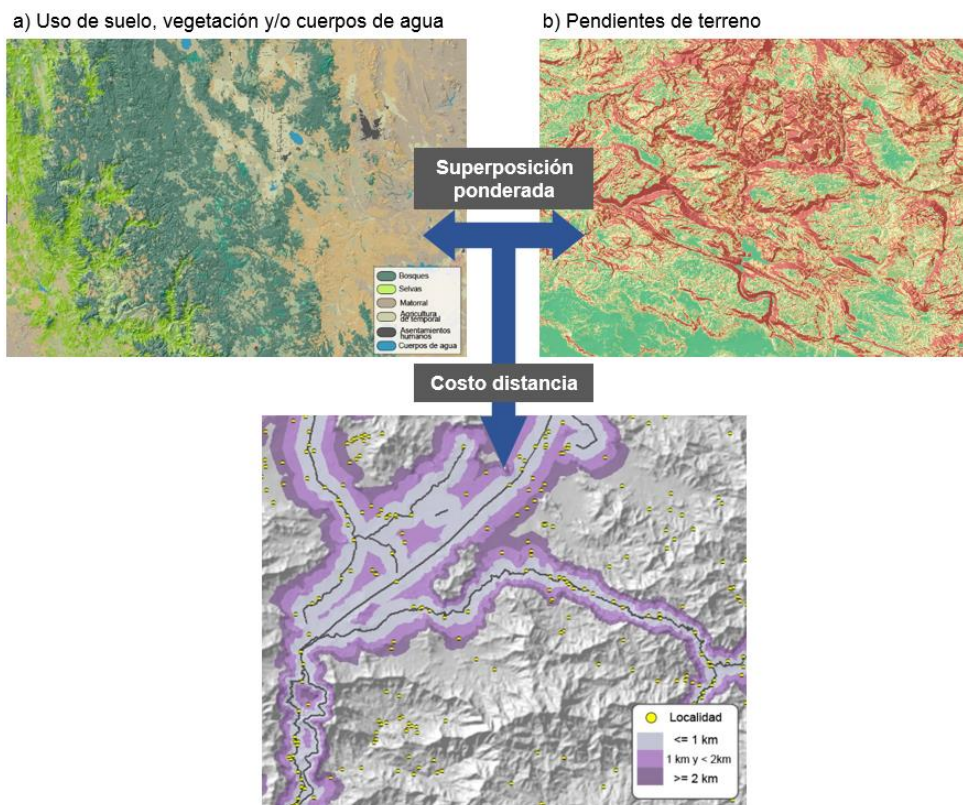
<sup>5</sup> La agrupación tomó en consideración la jerarquía de formaciones a partir del indicador “relación cobertura natural/cobertura antrópica” del subsistema natural presentada en Sánchez, et al. (2004).

<sup>6</sup> Los criterios para establecer esta clasificación tuvieron como fundamento las características descriptivas y propuestas de clasificación presentadas en tres documentos: a) la “Guía para la interpretación de cartografía. Uso del suelo y vegetación. Escala 1:250, 000. Serie VI” del INEGI (2017); b) la clasificación de la SEDESOL (2015) y c) la presentada en Sánchez, et al. (2004).

La información de la capa de pendientes de terreno, así como de uso de suelo y vegetación en grupos, se combinó a través de la técnica de análisis geoespacial denominada superposición ponderada (del inglés *weighted overlay*), se tiene como resultado una nueva capa ráster, en la que convergen criterios favorables o desfavorables para el tránsito, los cuales repercutirán en el cálculo de las distancias.

Posteriormente, con la herramienta costo distancia (del inglés *cost distance*) se generó un nuevo ráster con base en la ubicación de la red de carretera pavimentada (capa vectorial de la Red Nacional de Caminos) como el origen del cálculo (distancia cero) y la interacción con la capa de superposición ponderada. El resultado son distancias (expresadas en metros) donde los pixeles más cercanos a la infraestructura carretera tendrán cifras pequeñas, y los más lejanos, cifras mayores (imagen 1).

**Imagen 1. Análisis espacial para el cálculo de las distancias**

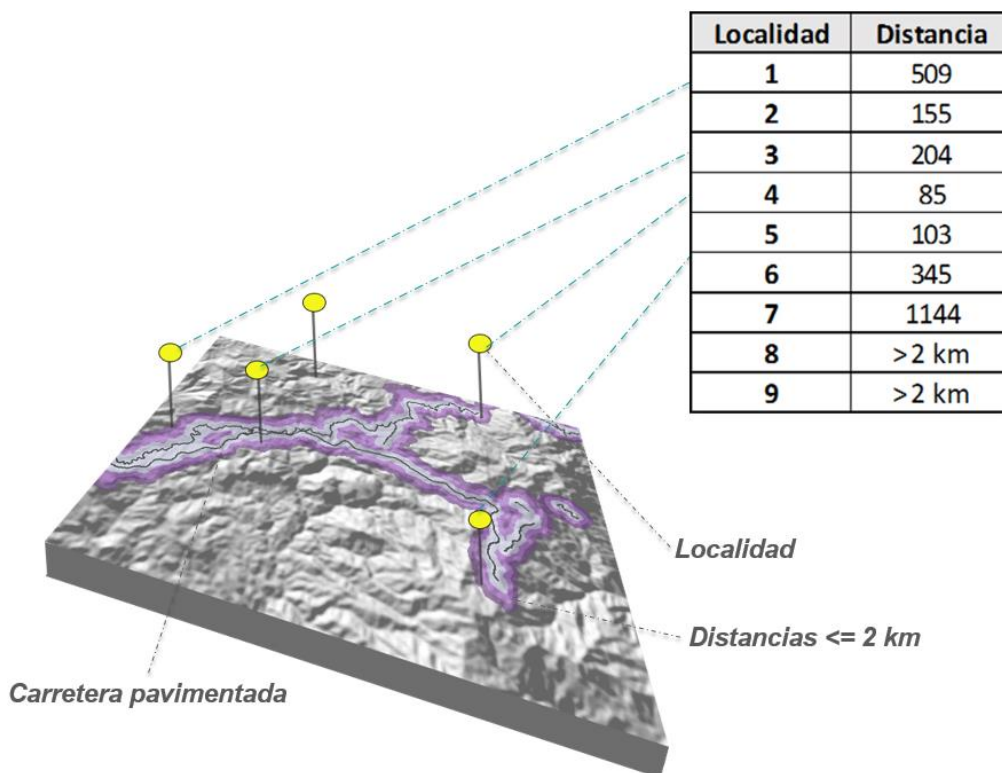


Fuente: Elaborado por el CONEVAL.



A continuación, con la herramienta extraer valores a puntos (del inglés *extract values to points*), y con base en la ubicación de las localidades, se les asignó la distancia que les corresponde hasta la carretera pavimentada más cercana con base en su ubicación (imagen 2).

**Imagen 2. Ejemplo sobre el proceso de extracción de valores (distancias) a las localidades**



Fuente: Elaborado por el CONEVAL.

De acuerdo con esta distancia, las localidades se agruparon en tres categorías ordenadas<sup>7</sup> (cuadro 4), a las localidades más alejadas se les asignó el valor de 1 y a las más cercanas, de 3.

<sup>7</sup> Esta agrupación se realizó con base en el documento metodológico “Accesibilidad de los ciudadanos a la credencialización del Instituto Nacional Electoral” del INE (2018).

#### Cuadro 4. Agrupación de distancias a carretera pavimentada

Distancia a carretera pavimentada	Valor
<= 1,000 metros	3
> 1,000 y < 2,000 metros	2
>= 2,000 metros	1

Fuente: Elaborado por el CONEVAL con base en INE (2018).

A las localidades con 15,000 o más habitantes, se les asignó el valor de las localidades más cercanas (valor 3) porque son urbanas y, aunque la distancia a la carretera pavimentada en la mayoría de los casos es mayor de un kilómetro, el acceso se realiza mediante vías primarias de comunicación como periféricos, circuitos, avenidas o ejes viales. Adicionalmente, la información de 238 localidades ubicadas en líneas de costa e islas tuvo “huecos” tanto en el continuo de elevaciones mexicanas como en la capa de uso de suelo y vegetación, por lo que inicialmente no se les calculó una distancia, la rectificación se realizó con un método complementario (anexo 3).

El resultado de este primer componente fue una capa vectorial de tipo puntual (localidades) con la estimación de distancias tridimensionales hacia carretera pavimentada, agrupada en 3 categorías ordinales.

#### **b) Disponibilidad de transporte público y tiempo de traslado a la cabecera municipal**

La cercanía a una carretera pavimentada no garantiza su uso, por tal motivo, se consideró la variable de disponibilidad de transporte público y tiempo hacia cabecera municipal que permita poner en contexto la movilidad e interacción territorial. Esto favorece la posibilidad de acceder a servicios administrativos o jurídicos que proporciona el Estado en las cabeceras municipales, o bien, a otro tipo de servicios. También se consideran los tiempos de traslado, porque aunque exista la disponibilidad de transporte, si los tiempos de traslado son prolongados,



entonces se convierte en una limitante para la accesibilidad a carretera pavimentada y, por ende, a la movilidad de la población.

Con base en la información que proporciona el INEGI en los resultados por localidad sobre “Infraestructura y Características Socioeconómicas de las Localidades con menos de 5,000 habitantes”, del Censo de Población y Vivienda 2010, las localidades se clasificaron en cinco grupos de manera tal que se refleje la dificultad o no para hacer uso del medio de transporte público (cuadro 5).

**Cuadro 5. Clasificación de la disponibilidad del transporte público**

Disponibilidad de transporte público y tiempo hacia cabecera municipal	Valor
Localidades con más de 5,000 habitantes, o que son cabeceras municipales o que tienen desplazamientos menores a 20 minutos.	5
Tiempos de recorrido en transporte público a cabecera municipal de 20 a 60 minutos.	4
Tiempos de recorrido en transporte público a cabecera municipal de 1 a 1.5 horas.	3
Tiempos de recorrido en transporte público a cabecera municipal de 1.5 a 2 horas, o con disponibilidad y tiempo de traslado no especificada.	2
Sin transporte público, o tiempos de recorrido mayor de 2 horas a la cabecera municipal.	1

Fuente: Elaborado por el CONEVAL con base en INEGI, 2010.

Esta categorización se integró a la capa vectorial de las localidades con las distancias tridimensionales, el resultado es una nueva capa vectorial de localidades con la distancia tridimensional, la agrupación de distancias y la clasificación de la disponibilidad del transporte público.

### **c) Tiempo de traslado a un centro de servicio**

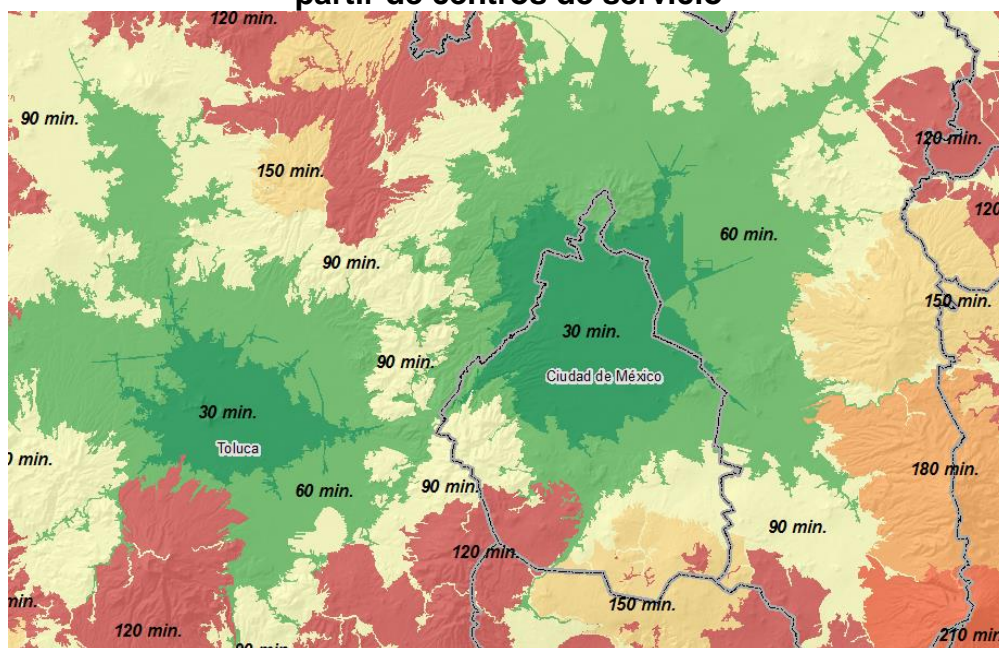
El tercer componente del GACP corresponde al tiempo de traslado de una persona desde su localidad al centro de servicios (localidades de 15,000 o más habitantes) más cercano. El tiempo de traslado a los centros de servicio permite detectar focos de atracción y evaluar su accesibilidad (Martínez, 2012). Estos centros de servicio cuentan con infraestructura, alta capacidad productiva de

bienes y servicios, además de conectar, complementar y apoyar las actividades económicas al estar ubicados en los corredores comerciales (SEDATU, 2015). Por ende, se convierten en un punto de atracción para la población al concentrar servicios educativos, de salud, comerciales y financieros.

Para obtener los tiempos de desplazamiento (expresados en horas de conducción en automóvil) se utilizó el módulo análisis de redes, específicamente la técnica de áreas de servicio (del inglés *service area*), del sistema de información geográfica ArcGIS versión PRO 2.1. El tiempo se calcula a partir de información logística detallada sobre las características de la red vial como velocidad promedio, tipo de recubrimiento e inclinación de terreno, entre otros, recolectados en ArcGIS Online.

El resultado de las áreas de servicio, también llamadas isócronas, son regiones en forma de anillos en formato vectorial (polígonos), que responden a las características de la red vial, las cuales parten del centroide de las localidades de 15,000 o más habitantes y comienzan a desglosarse según se tenga la posibilidad de desplazamiento en transporte automotor, y se expresan en minutos (Imagen 3).

**Imagen 3. Ejemplo de áreas de influencia isócronas (minutos promedio) a partir de centros de servicio**



Fuente: Elaborado por el CONEVAL.

Con la herramienta unión espacial (del inglés *spatial join*) se transfieren los valores descriptivos de los centros de servicio a las localidades según corresponda la ubicación espacial, es decir, las localidades obtendrán la información de acuerdo a la zona en que se localicen (cuadro 6). El resultado es una nueva capa vectorial de puntos con los datos calculados previamente (distancia, valor de distancia y valor de transporte público) y la clasificación según el tiempo de traslado a una localidad de 15,000 o más habitantes.

**Cuadro 6. Clasificación por tiempo de traslado hacia una localidad con 15,000 o más habitantes**

Tiempo de traslado hacia localidad de más de 15,000 habitantes	Valor
Menos de 1 hora	5
1 a 2 horas	4
2 a 3 horas	3
3 a 4 horas	2
más de 4 horas	1

Fuente: Elaborado por el CONEVAL.

#### 4. Grado de accesibilidad

La información de la cercanía a la carretera pavimentada (clasificada en 3 grupos), disponibilidad del transporte público (5 grupos) y acceso a los centros de servicio (5 grupos) permite catalogar a las localidades en grados de accesibilidad desde una perspectiva multidimensional. Esta agrupación, así como la determinación del número de categorías, se realizó mediante técnicas estadísticas,<sup>8</sup> lo que da pauta a que cada una de las localidades se clasifique en uno de los cinco grados: accesibilidad muy baja, accesibilidad baja, accesibilidad media, accesibilidad alta y accesibilidad muy alta (cuadro 7).

<sup>8</sup> La determinación del número de grupos se realizó mediante análisis de clases latentes (anexo 4) y la clasificación de las localidades en grados de accesibilidad se hizo mediante técnicas de análisis de conglomerados (procedimiento k-medias).

### Cuadro 7. Principales características de las localidades según grado de accesibilidad a carretera pavimentada

Grado de accesibilidad a carretera pavimentada	Principales características
<b>Accesibilidad muy baja</b>	Son localidades pequeñas (en promedio con 57 habitantes); se encuentran a distancias muy alejadas de la carretera pavimentada, principalmente en el rango de 2 a 50 kilómetros, no obstante, hay algunas que exceden los 200 kilómetros de distancia. Se encuentran en lugares aislados, reflejo de las características del relieve, del entorno natural y en la gran mayoría de los casos se carece del servicio de transporte público.
<b>Accesibilidad baja</b>	Son localidades que se ubican de 1 a 5 kilómetros de la carretera pavimentada principalmente, la mayoría disponen de transporte público con recorridos de hasta una hora y media a la cabecera municipal y, en general, se encuentran a más de 3 horas de alguna localidad con más de 15,000 habitantes.
<b>Accesibilidad media</b>	Se caracterizan por ubicarse en el rango de 1 a 2 kilómetros de la carretera pavimentada, gran parte dispone de transporte público y el tiempo de traslado hacia una localidad de 15,000 o más habitantes es menor a 2 horas.
<b>Accesibilidad alta</b>	Son localidades con 1 kilómetro o menor distancia hacia carretera pavimentada, disponen de transporte público, y el tiempo de traslado a una localidad de 15,000 o más habitantes es menor a 2 horas.
<b>Accesibilidad muy alta</b>	Se caracterizan por ser localidades con elevado número de habitantes, presentan las mejores condiciones de accesibilidad en tanto cercanía a la carretera pavimentada (menos de un kilómetro y fundamentalmente distancias menores a 500 metros), tienen alta disponibilidad de transporte público, y concentran servicios o se encuentran cerca de centros de servicios.

Fuente: Elaborado por el CONEVAL.

Con base en el GACP de cada localidad, a escala municipal se reporta el porcentaje de población con grado de accesibilidad bajo o muy bajo, el cual se calcula como el cociente entre el número de habitantes en las localidades que componen el municipio que tienen grado de accesibilidad bajo o muy bajo y el número de habitantes del municipio, multiplicado por cien. A nivel estatal, se

reporta el porcentaje de población con grado de accesibilidad bajo o muy bajo, que se obtiene de forma análoga al municipal. Los resultados se publican en la página del Consejo.

Es importante señalar que el GACP constituye un elemento más para apoyar la planeación y ejecución de las políticas públicas para el desarrollo social. Diversos estudios muestran una estrecha relación entre la accesibilidad y el bienestar social; una mejora de la accesibilidad de un territorio influye no solo en el desarrollo económico, sino en el bienestar social (Monfort, 2011 en Villena, 2016). El GACP caracteriza la situación de accesibilidad de las localidades, y pone en contexto a la infraestructura de carretera pavimentada como un medio que incrementa el potencial para el desarrollo económico y la cohesión social.

## Anexo

**1. Marco geodésico.** En el desarrollo de todos los procesos técnicos se utiliza de manera estandarizada el sistema de coordenadas proyectado Cónico Conforme de Lambert, elipsoide *International Terrestrial Reference* para el año 2008, con datos de la época 2010.0, denominado ITRF2008 época 2010.0, asociado al elipsoide de referencia del Sistema Geodésico de Referencia de 1980, es decir, GRS80.9, y los parámetros oficiales de referencia INEGI:

Sistema de coordenadas proyectado: MEXICO\_ITRF\_2008\_LCC

Proyección: Cónica Conforme de Lambert

Falso Este: 2500000.0

Falso Norte: 0.0

Meridiano Central: -102.0

Paralelo estándar 1: 17.5

Paralelo estándar 2: 29.5

Latitud de origen: 12.0

Unidad lineal: Metros

Sistema de Coordenadas Geográficas: GCS\_ITRF\_2008

Datum: D\_ITRF\_2008

Primer meridiano: Greenwich

Unidad angular: Grado

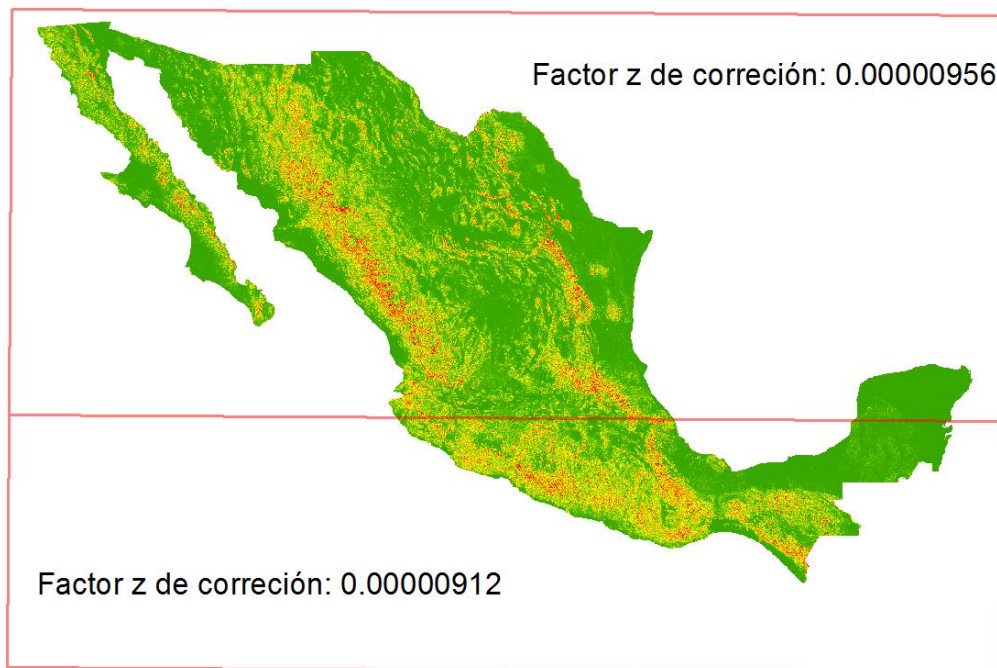
**2. Factores de corrección.** El archivo ráster del continuo de elevaciones mexicano 3.0 (CEM) a resolución de 90 metros se divide en dos zonas a partir de los 20° de latitud debido a que el sistema de coordenadas de origen se encuentra en unidades angulares, lo cual distorsiona levemente los cálculos cada 10 grados de latitud. El procedimiento para evitar las diferencias consiste en trazar dos rectángulos que cumplen el criterio de división a los 20° de latitud (Imagen 4), con la herramienta extraer por máscara (del inglés *extract by mask*) se recorta la zona norte y sur del país y se obtienen dos archivos ráster; ambas capas se unen para generar un solo archivo con información de todo el país mediante el uso de la herramienta mosaico a nuevo ráster (del inglés *mosaic to new raster*).

---

<sup>9</sup> INEGI, 2011. El cambio de marco de referencia terrestre internacional (ITRF) en México.



**Imagen 4. Pendientes de terreno y factores de corrección por latitud**



Fuente: Elaborado por el CONEVAL.

**3. Rectificación a las localidades sin asignación de distancia.** El método automatizado de análisis geoespacial para el cálculo de distancia tridimensional y asignación del grado de accesibilidad a carretera pavimentada presenta 238 localidades con inconsistencias en la distancia de la localidad a la carretera pavimentada. Lo anterior, se genera debido a la falta de información por área de cobertura del continuo de elevaciones mexicano y la capa de uso de suelo y vegetación. Estas localidades se ubican en costas e islas.

Para la rectificación, se seleccionaron las carreteras pavimentadas dentro de un radio de 10 km a partir de las 238 localidades con un *buffer* (área de influencia). Los tramos de carretera, se segmentaron en porciones de 100 metros, que se interpretan como puntos y de esta forma, se mide la distancia de las localidades a dichos puntos, esto se lleva a cabo mediante el proceso XY a línea (del inglés *XY to line*) de ArcGIS, líneas que unieron las localidades (origen) con el punto de referencia de la carretera más cercana (destino). Finalmente, se calculó la longitud de la línea generada.

Para el caso de las islas se asignó el valor 206,000 metros como distintivo, ya que el valor máximo en superficie continental fue de 205 kilómetros, de esta forma, el valor que se asignó a la variable de distancia a carretera pavimentada es de 1, excepto en las islas de Cozumel e Isla Mujeres, que se caracterizan por concentrar infraestructura de comunicación terrestre, marina y aérea, y son reconocidos como centros turísticos internacionales, además, el municipio de Cozumel tiene cerca de 80 mil habitantes.

**4. Análisis de clases latentes.** Previo al proceso de agrupación de las localidades se debe responder la pregunta sobre cuál es el número de grupos adecuado en función a las variables que se utilizaron para construir el grado. Para responderla, se recurrió al modelo de clases latentes, el cual usa una variable latente categórica donde los niveles de la variable representan el número de categorías o clases.

El análisis se realizó a partir de la información de las variables: *i*) distancia a la carretera pavimentada; *ii*) disponibilidad del transporte público, *iii*) acceso a los centros de servicio, y *iv*) una variable latente, a la que se denominó *c*, la cual puede tomar los valores {1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7}, que representan el número clases o grupos.

Para cada valor del conjunto {2,..., 7} se ajusta un modelo de clases latentes, con base en el cual se obtuvieron diversos estadísticos (cuadro 8) que ayudaron a determinar el número óptimo de categorías.

Los criterios de información de Bayes (**BIC**) y Akaike (**AIC**) indican que mientras más pequeño sea el valor, el modelo tiene mejor ajuste. Como se aprecia en la gráfica 1, cuando la variable latente tiene a partir de cuatro grupos tanto el AIC como el BIC presentan la disminución más significativa.

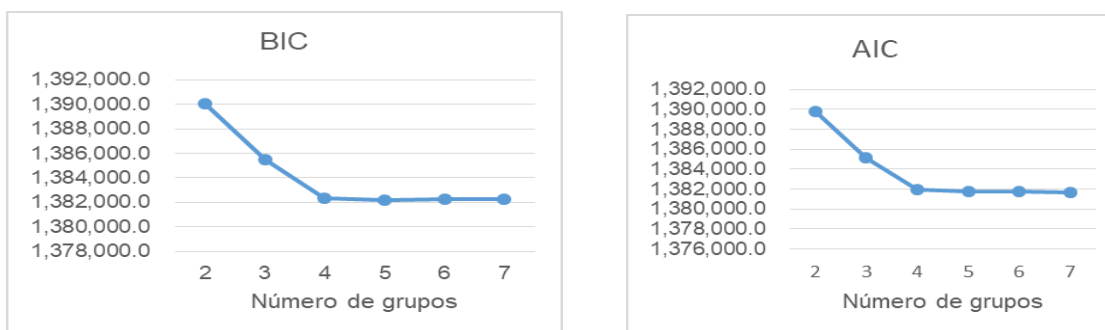


**Cuadro 8. Estadísticos para determinar del número de grupos, según la cantidad de categorías que toma la variable latente**

Número de clases	Logverosimilitud	BIC	AIC	Entropía	% mínimo y máximo de observaciones en las clases	
2	-694,902.0	1,390,059.4	1,389,845.9	0.29	41.6	58.4
3	-692,552.7	1,385,482.5	1,385,167.4	0.45	20.8	47.4
4	-690,953.4	1,382,369.1	1,381,982.8	0.58	13.4	36.2
5	-690,825.1	1,382,209.8	1,381,742.2	0.64	4.1	33.6
6	-690,812.0	1,382,256.6	1,381,728.0	0.70	2.6	31.9
7	-690,773.9	1,382,277.8	1,381,667.8	0.79	1.6	20.4

Fuente: Elaborado por el CONEVAL

**Gráfica 1. Criterios de información BIC y AIC**



Fuente: Elaborado por el CONEVAL.

Otro criterio considera que todos los grupos deben contener una proporción razonable de la muestra, es deseable que al menos un 5% de las observaciones queden clasificadas dentro de un grupo. De acuerdo con los resultados (últimas dos columnas del cuadro 8), cuando la variable de clase latente tiene cinco o menos clases, el grupo con la proporción menor de la muestra tiene al menos el 4 por ciento del total de las observaciones. Por último, mientras más cercano se

encuentre el puntaje de entropía a la unidad, mejor ajuste; en este caso, mientras más grupos hay, la entropía crece.

Como los criterios estadísticos sugieren que cuatro o cinco grupos sería el número adecuado de categorías, con apoyo de imágenes de satélite, se realizó un análisis a escala local que incorpora tanto los componentes del indicador, como la ubicación de las localidades en su contexto territorial (entorno urbano o rural, de vegetación, de orografía, de infraestructura vial); esto permitió verificar que tales características eran más consistentes cuando se tenían cinco grados de accesibilidad que cuando se consideraban 4 grados. También se tomó en cuenta que otras propuestas (SEDESOL, 2015; CONAPO, 2016) plantean cinco categorías. Considerando lo anterior, se decidió agrupar a las localidades en cinco grados de accesibilidad.

## **Bibliografía**

- Aday, L., *et al.* (1980). *Health care in the U.S equitable for whom?*. Sage Publications. USA.
- Chias, L., Iturbe, A. y Reyna, F. (2001). Accesibilidad de las localidades del Estado de México a la red carretera pavimentada: un enfoque metodológico. En *Investigaciones Geográficas*, número: 46, 117- 130. México. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=56904609>
- Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL) (2014). *Metodología para la medición multidimensional de la pobreza en México*. México.
- Consejo Nacional de Población (CONAPO) (2016). *La condición de ubicación geográfica de las localidades menores a 2 500 habitantes en México*. México.

Correa, G. y Rozas P., (2006). Desarrollo Urbano e Inversiones en Infraestructura: Elementos para la Toma de Decisiones. En *Recursos Naturales e Infraestructura* N° 108, CEPAL.

Garrocho, C., (1995). *Análisis socioespacial de los servicios de salud: accesibilidad, utilización y calidad*. El Colegio Mexiquense. Toluca, México.

Garrocho C. y Campos. J., (2006). Un indicador de accesibilidad a unidades de servicios clave para ciudades mexicanas: fundamentos, diseño y aplicación. En *Economía, Sociedad y Territorio*, vol. VI, núm. 22, septiembre-diciembre, El Colegio Mexiquense. Toluca, México, pp1-60.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2010). *Características de las localidades y del entorno urbano 2010*. México.

----- (2013). *Estructuración de la Red Nacional de Carreteras. Etapa III Integración de principales terracerías. Determinación de Destinos a incluir en 2013. Documento metodológico*. México.

----- (2017). *Guía para la interpretación de cartografía. Uso del suelo y vegetación. Escala 1:250,000. Serie VI*. México.

Instituto Nacional Electoral (INE) (2018). *Accesibilidad de los ciudadanos a la credencialización del Instituto Nacional Electoral*. México.

Joseph, A. y Phillips D.R., (1984). *Accessibility and utilization: geographical perspectives on health care delivery*. Harper and Row. USA.

Martínez, F., (1995). "Access: The Transport-land Use Economic Link". En *Transportation Research B*, 29 (6):457-470.

Martínez, H., (2012). La accesibilidad regional y el efecto territorial de las infraestructuras de transporte. Aplicación en Castilla-La Mancha. En *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, número: 59, 79-103. España. Disponible en: <http://www.age-geografia.es/ojs/index.php/bage/article/view/1450>

Niemeier, D., (1997). Accessibility: An Evaluation using Consumer Welfare. En *Transportation*, 24:377-396.

- Peña, D. (2002). *Análisis de datos multivariantes*. Mc-Graw Hill, España.
- Pérez, G., Cipoletta G. y Sánchez R., (2009). Infraestructura y Servicios de Transporte y su relación con los Objetivos de Desarrollo del Milenio. En *Recursos Naturales e Infraestructura* N° 91, CEPAL.
- Phillips, D.R. and A.M. Williams (1984). *Rural Britain: a social Geography*, Oxford, Blackwell.
- Sánchez, M., et al. (coord.) (2004). *Indicadores para la caracterización y el ordenamiento territorial*. Universidad Nacional Autónoma de México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Instituto de Ecología. México.
- Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (2015). *Metodología de la regionalización funcional de México*. SEDATU. Disponible en: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/54214/Metodologia\\_version\\_23\\_10\\_15A.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/54214/Metodologia_version_23_10_15A.pdf)
- Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) (2015). *Metodología para el cálculo de Grado de Accesibilidad* (mimeo). México.
- Sweet, R.J., (1997). An Aggregate Measure of Travel Utility". En *Transportation Research B*, 31(5):403-416.
- Ubilla, G. (2017). Accesibilidad y conectividad geográfica en áreas rurales. Caso de la comuna de María Pinto, Chile. En *Papeles de Geografía*, número: 66, 195-209. México. Disponible en: <http://revistas.um.es/geografia/article/view/299271/217661>
- Villena, J., (2016). *Accesibilidad y desarrollo económico en la región de La Montaña de Guerrero, 1990 – 2010* (Tesis de Maestría en Geografía). Universidad Nacional Autónoma de México, México.