

Dispersión urbana e integración funcional al núcleo central

Caso de estudio: Zona Metropolitana de Querétaro, México

Saúl Antonio Obregón-Biosca y César Omar Bueno-Ortiz*

El fenómeno de metropolización se observa cada día más en gran parte de las ciudades medianas latinoamericanas. Tradicionalmente el territorio metropolitano es delimitado a partir de la estructura política local, cada localidad periférica inmersa en estos ámbitos territoriales presenta características socioeconómicas disímiles dependiendo de su localización, es decir cada una de ellas tiene ciertas características de gravitación. Por lo anterior, este trabajo presenta una discusión de algunas metodologías internacionales para la delimitación de áreas metropolitanas y propone, mediante el uso de modelos probabilísticos, una metodología para la elección de las localidades que mayor influencia registran de su zona conurbada.

Palabras clave: zona metropolitana, condiciones urbanas, infraestructura de transporte, planeación urbana, México.

*Urban Sprawl and Functional Integration to the Central Core. Case Study:
Metropolitan Zone of Querétaro, Mexico*

The metropolization phenomenon was increased in the last decades in the Latin American middle cities. Traditionally the metropolitan area is delimited by its political structure, each peripheral locality immersed in these geographical areas show dissimilar socioeco-

* Saúl Antonio Obregón-Biosca es profesor-investigador y coordinador de la maestría en ingeniería de vías terrestres, transporte y logística y del laboratorio de estudios viales y movilidad en la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ), Correos-e: saul.obregon@upc.edu y saul.obregon@uaq.mx. César Omar Bueno-Ortiz es investigador en el laboratorio de estudios viales y movilidad de la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ). Correo-e: cbueno13@alumnos.uaq.mx. Dirección postal de ambos: Centro Universitario, Cerro de las Campanas s/n, Col. Las Campanas, 76010, Santiago de Querétaro, México. Tel: +52 442 192 12 00, ext. 6023.

La investigación contó con el financiamiento conjunto del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y del Gobierno del Estado de Querétaro, mediante el proyecto QRO-2010-C01-146269. Los autores agradecen la información sobre desplazamientos periféricos proporcionada por el CQRN y a los revisores anónimos, quienes proporcionaron valiosas sugerencias y comentarios en la versión previa del documento.

Artículo recibido el 23 de mayo de 2012 y aceptado para su publicación el 11 de noviembre de 2014.

nomic characteristics depending on their location, that is to say, with own characteristics of gravitation. Therefore, this paper presents a discussion of some international methodologies in the definition of metropolitan areas and proposes a probabilistic model approach to choose the most influential localities in its suburbs.

Keywords: metropolitan areas, urban conditions, transport infrastructure, urban planning, Mexico.

INTRODUCCIÓN

La Real Academia Española (2001) define un área metropolitana (AM) como la “unidad territorial dominada por una gran ciudad o metrópoli en cuyo entorno se integran otros núcleos de población, formando una unidad funcional, con frecuencia institucionalizada”. Sedesol, Conapo e INEGI (2007, 17) sostienen que el concepto de AM (o área urbana propiamente dicha) es distinto del de zona metropolitana (ZM), ya que el límite de la segunda comprende delegaciones y municipios completos, incluyendo todas sus localidades, independientemente de que éstas formen parte del área urbana continua de la ciudad. Las ZM son los elementos del sistema urbano con mayor jerarquía dentro de una región o país, pues en ellas se presenta la mayor concentración de población, dinámica y economía, y su conformación se ha venido generando en ciudades¹ medias (poblaciones de cien mil a un millón de habitantes) que sufren un proceso de expansión territorial y de asentamientos irregulares en zonas periurbanas² en las que, de acuerdo con Bazant (2010, 489), se aprecian actividades comerciales y de servicios, y donde dicha expansión se presenta normalmente en dirección radial alrededor del centro de la ciudad o en dirección lineal a lo largo de la infraestructura vial. Algunos de los factores que de acuerdo con Sudhira *et al.* (2004) influyen en la expansión urbana son la población, la tasa de crecimiento poblacional, la distancia y la densidad; sobre el últi-

¹ Camagni (2005, 16) define una ciudad como una *machine informationnelle*, una máquina que se construye y se reproduce a sí misma “fabricando su propio programa”, “una máquina significante que no significa nada pero que reúne y conecta entre sí todas las cadenas productivas, institucionales y científicas”.

² El término periurbano resulta ser una transformación del espacio rural a urbano (Herce y Maçginyà, 2002, 87).

mo factor, Squires (2002) define el modelo de crecimiento como de baja densidad, el cual posteriormente confirman Sultana y Weber (2007, 193) y Heinrichs *et al.* (2009, 30). Además de dicha peculiaridad, la expansión urbana incita a un mayor uso del vehículo privado (García, 2010, 197) y a la demanda de recursos tales como instalaciones de agua potable, eléctricas e infraestructura, entre otras.

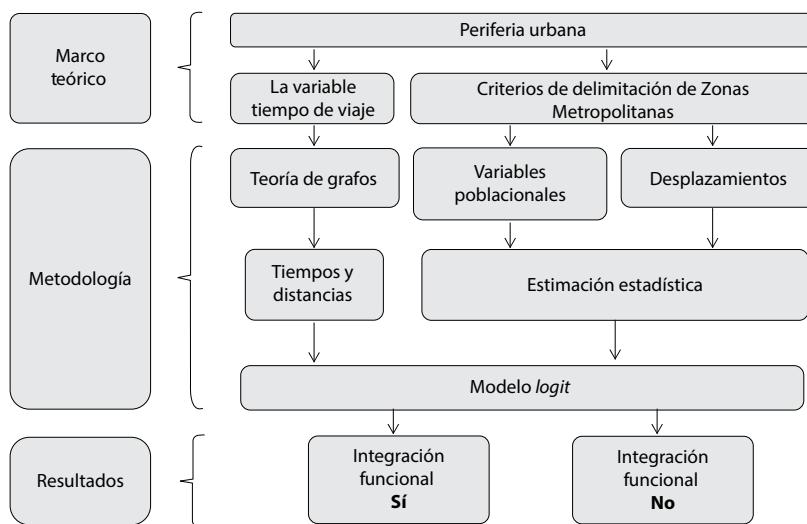
Otra característica de una ZM es que en ella pueden coexistir localidades de carácter urbano y rural, en este sentido Bazant (2010, 483) expone las dificultades de distinguir dónde comienza una y dónde termina otra, ya que podemos encontrar una localidad totalmente urbanizada y presenciar a su alrededor características totalmente rurales. A su vez, la inmigración de la sociedad rural comienza a ser mayor, por lo que los flujos de alimentos a la metrópoli quedan compensados por la industria manufacturera, según sostienen Herce y Magrinyà (2002, 86).

Dichas transformaciones, que se presentan en las ZM, han llevado a la teorización de dos modelos de estructura y funcionalidad: el monocéntrico y el policéntrico (no obstante, algunos teóricos como Escolano y Ortiz (2005) definen el mono-policéntrico, que es el estado de transición entre uno y otro). En el modelo monocéntrico, el núcleo central de la zona es el que ejerce el principal dominio, mientras en el policéntrico además del núcleo central existen subcentros en donde se distribuyen actividades. En el modelo mono-policéntrico se mantiene cierto dominio del núcleo central, pero nacen otros subcentros que extienden su influencia a toda la ciudad y otros menores que la ejercen en áreas más reducidas. Dichas estructuras afectan directamente las longitudes de los desplazamientos, tal como Song (1992, 2) observó en su caso de estudio, pues una estructura de subcentros minimiza la longitud de los desplazamientos, concluyendo que el modelo monocéntrico resulta ser deficiente. En sentido del número y dirección de los desplazamientos Dupuy (1995; citado en García, 2010, 198) expresa que el modelo policéntrico influye en los patrones de movilidad y conduce a su aumento. Si bien algo no muy claro en el modelo policéntrico es el número y tamaño de los centros (Guillermo, 2004), tampoco es evidente el efecto que tiene el modelo en los desplazamientos urbanos (Song, 1992).

A partir de lo expuesto, dentro de la estructura y funcionalidad de una ZM se observa la importancia que presentan los desplazamientos (Song, 1992), la infraestructura viaria (García, 2010), la distinción entre una localidad urbana o rural (Bazant, 2010) y la distancia a los núcleos (Sudhira, 2004). Por lo anterior, y partiendo de los criterios para la delimitación de la ZM en México de Sedesol, Conapo e INEGI (2007) y de criterios internacionales (de Estados Unidos de América, Canadá y Japón) el objetivo del presente trabajo es desarrollar una metodología que auxilie en la determinación de las localidades que presentan una mayor influencia hacia su zona conurbada (zc) dentro de una ZM, partiendo de la hipótesis de que el tiempo de viaje a la zc tiene mayor significación que la distancia en la determinación de las localidades influyentes en una ZM (parámetro que tradicionalmente ha considerado el INEGI). Para demostrar la hipótesis, se hará uso de modelos estadísticos (regresiones múltiples y de respuesta binaria), considerando como variables explicativas algunos de los criterios empleados por el INEGI en la determinación de las localidades de mayor influencia hacia su zc, comparando entre los modelos estimados su significación estadística y la magnitud de los coeficientes de tiempo y distancia. Una aplicación de modelos binarios en la planificación urbana fue desarrollada por Suárez y Delgado (2007, 114), con el objetivo de pronosticar la probabilidad de las áreas que tenderán a ser urbanizadas en un cierto lapso, aplicado a la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. A diferencia de la presente investigación, dicha propuesta se centra en determinar el suelo con potencial de ser urbanizado, mientras que el presente trabajo determina la interacción de las localidades periféricas con su núcleo central, con lo cual será posible definir políticas de actuación en localidades con mayor o menor grado de segregación.

El diagrama 1 muestra de manera esquemática la organización del artículo, el cual inicia con la presentación de la revisión de la literatura y después considera tres apartados, el primero, acepción y características de los entornos periféricos. En el segundo se exponen los criterios actuales para la delimitación de ZM en los tres países de América del Norte y Japón (elegidos por su experiencia y por la similitud en sus criterios), y finaliza con la comparación de los criterios y su discusión. El tercero presenta una reflexión teórica alrede-

DIAGRAMA 1. Organización del artículo



Fuente: Elaboración propia.

dor de la teoría de redes sobre la importancia del tiempo de viaje respecto de la distancia. A continuación, se describe la zona de estudio y posteriormente el artículo presenta el procedimiento metodológico propuesto para la delimitación de localidades con integración funcional a su ZC, así como la definición de las variables empleadas. Se muestran los resultados empíricos obtenidos exponiendo de manera detallada el procedimiento de obtención, validación y análisis de cada una de las variables empleadas, y se hace hincapié en el análisis de las variables de distancia y tiempo de viaje a la ZC, y se ofrecen los resultados de la aplicación del modelo probabilístico. El artículo termina con las conclusiones y sugerencias para futuras líneas de investigación.

REVISIÓN DE LA LITERATURA

En el presente apartado se define el término de periferia en su acepción geográfica y social, resaltando la importancia de contar con una herramienta

que refleje el grado de integración funcional de las localidades. A continuación se comparan y discuten diferentes criterios utilizados en la delimitación de ZM en México, Estados Unidos de América, Canadá y Japón, con el propósito de identificar sus variables y las similitudes con los adoptados en México. Por último, partiendo de reflexiones alrededor de la teoría de redes, se realiza una discusión sobre la importancia del tiempo de viaje respecto de la distancia.

LAS PERIFERIAS URBANAS

Para Capel (2011), el término periferia presenta dos acepciones, la primera es la geográfica, descrita por Hiernaux y Lindón (2004) como una parte del proceso de expansión de la ciudad sobre zonas colindantes de vocación rural (que son los desarrollos ubicados en el perímetro o periféricos de la ciudad). La segunda es la acepción social, que Blanco *et al.* (2012) definen como los territorios que concentran procesos de degradación física y social como consecuencia de la concentración de problemas, desatención de los poderes públicos y desinterés-marginación del capital privado (es decir, connotadas como espacios de miseria, ausencia, carencia y subordinación). Sin embargo, dichos autores exponen que no todos los espacios de carencia social son periféricos y que no necesariamente todas las periferias son espacios de marginación. Díaz (2012) menciona que no existe una periferia urbana cuyas características se repitan miméticamente, por ello, Blanco *et al.* (2012) sostienen que cada localidad dentro de la periferia urbana presenta condiciones diversas.

Martí y Pybus (2013) señalan que existen dificultades para democratizar los procesos de planificación de la ciudad, debido al poder de determinados intereses privados (inmobiliarios) sobre los equipos rectores. Así, los intereses económicos pueden condicionar el presente y el futuro de las ciudades; por eso, dentro de la política urbana, según Díaz (2012), la atención a las periferias ha pasado a ser algo subsidiario, exponiendo que esto significaría minimizar las dinámicas urbanas que en la actualidad estructuran socio-espacialmente las ciudades. En el sentido de la participación ciu-

dadana, Blanco *et al.* (2012) sostienen que ésta será menor cuanto menos accesibilidad o integración funcional presenten las periferias urbanas, pues la mayor dedicación en el tiempo de los desplazamientos va en decremento de la participación. Cabrero y Díaz (2012) mencionan que la periferia se encuentra casi siempre subsumida en la acción de los programas gubernamentales y surge por necesidades locales bien delimitadas, como carencia de servicios, deterioro de espacios públicos, deficiencia en la movilidad urbana, entre otros. Martí y Pybus (2013) refuerzan el planteamiento focalizándose en la ordenación del territorio. Exponen que se requieren estudios que aporten una visión sistemática y comparativa de la participación ciudadana en los planes urbanísticos.

Cochrane (2007), menciona que el elemento clave para distinguir qué es una política urbana es la focalización de acciones de naturaleza diversa sobre un territorio delimitado, por ello, el proceso que se describe en el presente artículo auxiliará a definir zonas periféricas con menor o mayor integración funcional al núcleo central, que posiblemente tengan menor participación, para convertirse en una herramienta de “apoyo a la decisión”, tal como lo señalan Martí y Pybus (2013), dentro del consejo asesor urbanístico (formado por técnicos que ayudan al gobierno a tomar las mejores decisiones en relación con el futuro urbanístico). Es importante delimitar de manera continua las áreas periféricas de una ciudad, pues la evolución del entorno urbano puede incluso generar geográficamente zonas centrales en relación con áreas periféricas de nueva construcción (Blanco *et al.*, 2012). De aquí surge la dimensión relacional (Rebollo, 2012), pues la pertenencia a redes de proximidad en el territorio en el que se habita es un resorte para la inclusión social (Subirats, 2005), mitigando la desigualdad (Wilkinson y Pickett, 2009) y la degradación urbana en las periferias (Sassen, 2010), pues como sostiene Díaz (2012), la accesibilidad (localización, transporte colectivo, entre otros); el funcionamiento de los equipamientos básicos (educación, sanidad, etc.), condicionan el devenir de cada zona, influyendo sobre las posibles estrategias de intervención.

Para analizar los fenómenos metropolitanos, actualmente existen herramientas para su estudio espacial haciendo uso de los sistemas de informa-

ción geográfica³ (SIG) que permiten cuantificar, monitorear, modelar y subsecuentemente predecir fenómenos de expansión (Sudhira *et al.*, 2004, 30). Un SIG ayuda para el cálculo de la fragmentación, agregación, porosidad, densidad de la mancha, intercalación y yuxtaposición, abundancia relativa, diversidad y dominancia con el fin de caracterizar las propiedades del paisaje en términos de estructura, función y cambio (Icimod, 1999 y Civco *et al.*, 2002, citados en Sudhira *et al.*, 2004, 30).

LA DELIMITACIÓN DE ÁMBITOS METROPOLITANOS

En Estados Unidos de América

La Oficina de Gestión y Presupuesto (OMB por sus siglas en inglés) es la encargada de asesorar al presidente de Estados Unidos sobre el presupuesto federal, y definir la normatividad para delimitar áreas estadísticas metropolitanas y micropolitanas (entidades geográficas usadas con el propósito de colectar, tabular y publicar estadística federal); el concepto de área estadística metropolitana es aquella que contiene un gran núcleo de población y las comunidades adyacentes, las cuales tienen un alto grado de integración con el núcleo; el concepto de área estadística micropolitana es muy semejante al metropolitano, pero con un núcleo más pequeño (OMB, 2010, 37246). Otra peculiaridad es la delimitación de los núcleos basados en áreas estadísticas (CBSAs por sus siglas en inglés) y que la OMB (2010, 37249) define como al menos un núcleo de diez mil o más habitantes, más territorio adyacente, que tiene un alto grado de integración social y económica con el núcleo, medido a partir de desplazamientos. La norma denomina y delimita dos tipos de CBSA: áreas estadísticas metropolitanas y áreas estadísticas micropolitanas; cada CBSA debe tener su propia oficina censal para la delimitación de sus áreas urbanizadas con población de al menos de 50 mil habitantes o una oficina censal para grupos urbanos con una población de

³ Un SIG es un equipo basado en la tecnología y metodología para capturar, gestionar, analizar, modelar y presentar datos geográficos para una amplia gama de aplicaciones (Bruce, 2001, 13)

al menos de diez mil (áreas urbanizadas y grupos urbanos están incluidos en el término “áreas urbanas”).

En Canadá

Respecto de la delimitación de áreas metropolitanas realizada por la División de Geografía del Departamento de Estadística de Canadá, se especifica el censo de área metropolitana (CMA, por sus siglas en inglés) y el censo de aglomeración (CA, por sus siglas en inglés), ambos conceptos son similares a los CBSA, ya que los CMA se equiparan con los CBSA de las áreas metropolitanas y los CA son equivalentes a los CBSA para áreas micropolitanas; las áreas que no quedan establecidas por los CMA y CA se introducen en la zona de influencia de una zona de aglomeración (MIZ, por sus siglas en inglés), en la que son clasificadas por su preponderancia respecto de la distancia que tienen con los CMA y CA, teniendo menor peso la no influencia con ninguno; asimismo, se introduce el *census subdivision* (CSD, por sus siglas en inglés) que son aquellas que quedan fuera de los CMA y CA, y son categorizadas en cuatro niveles dependiendo del grado de influencia (fuerte, moderado, débil o no influye) que tienen los CMA y CA en ellos.

Puderer (2008, 7) define siete reglas para la delimitación de áreas metropolitanas en Canadá: definir el núcleo; tres criterios: desplazamientos fuera del núcleo, desplazamientos al núcleo y continuidad espacial. Los tres criterios son usados para definir el *hinterland* del núcleo; los criterios cinco y seis (comparación histórica y ajustes manuales) son manejados en situaciones peculiares que ocurren de tiempo en tiempo; el séptimo criterio se refiere a la unión de un CA con un CMA.

En Japón

En Japón el intento de explicar el fenómeno de metropolización los ha llevado al término “áreas urbanas de empleo” (UEAs por sus siglas en inglés), derivado de sus patrones de empleo. Los UEA se dividen en dos ti-

pos de acuerdo con su tamaño: área metropolitana de empleo (MEA, por sus siglas en inglés) y área micropolitana de empleo (MCEA, por sus siglas en inglés). Un término equivalente a los CBSA es el distrito densamente poblado (DID, por sus siglas en inglés) fijado dentro de un municipio local; el DID se define como un área que conforma un grupo continuo básico de unidades de bloque, cada una de las cuales tiene una densidad poblacional de 4 000 habitantes o más por kilómetro cuadrado o que tenga servicio públicos, industriales, educativos y recreativos, y que su población total sea de 5 000 o más dentro del municipio local (Kanemoto *et al.*, 2005, 15).

En los Estados Unidos Mexicanos

En México los criterios para la delimitación de ZM provienen de la experiencia de Estados Unidos y de Inglaterra al establecer el término conurbación; la diferencia entre metrópoli y conurbación reside en que la primera es una ciudad principal, cabecera municipal, mientras que el segundo término se refiere a núcleos urbanos dependientes que al aumentar su población forman una unidad funcional. El fenómeno de metropolización en México comenzó en la década de 1950, y fue en 1970 cuando se establecen oficialmente ZM en México. El cuadro 1 resume la evolución de las ZM y los criterios empleados.

El criterio actual para delimitar una ZM fue publicado por las dependencias de la Sedesol, Conapo e INEGI (2007, 21-24) y estipula los siguientes puntos:

1. Municipio central: corresponde a los municipios donde se localiza la ciudad principal que da origen a la ZM.
2. Municipios exteriores definidos con base en criterios estadísticos y geográficos: son municipios contiguos a los anteriores, cuyas localidades no están conurbadas a la ciudad principal, pero que manifiestan un carácter predominantemente urbano, al tiempo que mantienen un alto grado de integración funcional con los municipios centrales de la ZM.

CUADRO 1. Evolución de ZM en México

<i>Año</i>	<i>ZM</i>	<i>Criterios</i>	<i>Fuente</i>
1970	12	Nivel de urbanización, la tasa de crecimiento poblacional y la población económicamente activa.	Unikel <i>et al.</i> (1976)
1980	26	Ánálisis discriminatorio haciendo uso de variables, como el nivel de urbanización, la tasa de crecimiento poblacional, la elasticidad del crecimiento de la población económicamente activa y la productividad industrial.	Negrete y Salazar (1986, 102)
1990	37	A través de dos ejercicios: el primero gráfico, de contigüidad e interacción de áreas metropolitanas, y el segundo estadístico, aplicando el método de componentes principales con las variables de tasa de crecimiento demográfico, tasa de urbanización, Producto Interno Bruto de la industria manufacturera municipal y la cobertura de los servicios de agua potable.	Sobrino (1993)
2000	48	Empleando características urbanas y de viajes intermunicipales por motivo de trabajo.	Sobrino (2003, 471)
2005	56	Empleando características urbanas y geográficas.	Sedesol, Conapo e INEGI (2007, 31)
2010	59	Empleando características urbanas y geográficas.	Sedesol, Conapo e INEGI (2012, 12)

Fuente: Elaboración propia.

3. Municipios exteriores definidos con base en criterios de planeación y política urbana: son municipios que se encuentran reconocidos por el gobierno federal y local como parte de una ZM, a través de los instrumentos que regulan su desarrollo urbano y la ordenación de su territorio, independientemente de su situación respecto de los criterios que señalan los puntos anteriores.

El cuadro 2 muestra las principales ventajas y desventajas de una ZM en México. Respecto a las desventajas, éstas se relacionan con las características de los entornos periféricos (inherentes a la zona metropolitana) expuestos al inicio del presente apartado, por Díaz (2012) en cuanto a la dotación de servicios, Cabrero y Díaz (2012) en los programas gubernamentales, y Martí y Pybus (2013) en la ordenación del territorio.

CUADRO 2. Ventajas y desventajas de una ZM en México

<i>Ventajas</i>	<i>Desventajas</i>
Concentran ventajas de localización (economías) para los actores económicos y sociales por encima de la mayoría de las ciudades de sus respectivas regiones, lo que las convierte en polos de atracción.	Tienen un patrón de crecimiento socio-urbano dinámico y tendiente al desorden y la insostenibilidad, especialmente en sus periferias.
Ofrecen mejores niveles de vida por la variedad de empleo y oferta de todos los tipos de servicio.	Presentan enormes rezagos en la dotación de servicios e infraestructura urbana básica, especialmente para los más pobres.
Pueden ser más eficientes en la provisión de servicios y equipamientos sociales y de apoyo a la producción.	Carecen de recursos financieros para afrontar las demandas sociales, derivado de la baja institucionalidad y eficacia financiera y fiscal de sus gobiernos.
	Carecen de un adecuado marco legal e institucional de coordinación intergubernamental.

Fuente: Elaboración propia a partir de Iracheta (2010, 156).

Comparación de criterios de delimitación

De acuerdo con lo expuesto, el cuadro 3 resume los criterios establecidos para cada uno de los países comentados.

Del cuadro 3 podemos concluir las siguientes diferencias y semejanzas entre cada uno de los países:

1. Los requisitos de metropolización son de 50 000 habitantes o más, mientras que en el micropolitano el rango es de 10 000-50 000 habitantes, a excepción de los criterios en México, ya que para que se considere el fenómeno de metropolización sus valores deben ser de 50 000 o más, llegando a alcanzar ciudades de hasta de un millón de habitantes.
2. Para la definición del núcleo, los criterios de los países analizados tienen en común usar valores de 10 000 para aglomeraciones urbanas, y 50 000 para áreas urbanizadas, a excepción de México, donde se usa el término “zona” y sus valores resultan ser más altos, teniendo como mínimo un valor de 50 000 habitantes o más.
3. Los condados, municipios o distritos periféricos son identificados a partir de sus desplazamientos de avance invertido. Canadá considera

CUADRO 3. Criterios para delimitación de área y zona metropolitana

Requisito de población	Estados Unidos	<ul style="list-style-type: none"> Área metropolitana: Área urbanizada con una población de al menos 50000 habitantes. Área Micropolitana: Grupo urbano con una población de al menos 10000, pero menos de 50000 habitantes.
	Canadá	<ul style="list-style-type: none"> CMA: Un área urbana con una población de al menos 50000, pero con una población total de al menos 100000. CA: Un área urbana con una población de al menos 10000, pero menor que el rango de un CMA.
	Japón	<ul style="list-style-type: none"> MEA: La población en el DID debe ser al menos de 50000. MCEA: La población en el DID debe de ser al menos de 10000, pero menor de 50000.
	México	<ul style="list-style-type: none"> Dos o más municipios donde se localiza una ciudad de 50000 mil o más habitantes. Municipios que contienen una ciudad de un millón o más habitantes. Ciudades de 250000 o más habitantes que comparten procesos de conurbación con ciudades de los Estados Unidos de América.
Elección del núcleo	Estados Unidos	<p>El condado o condados centrales de un CBSA son aquellos:</p> <ul style="list-style-type: none"> Condados con al menos 50 por ciento de su población en áreas urbanas o que dentro de sus límites tenga una población al menos de 5000 residentes en una sola área urbana de al menos 10000 habitantes.
	Canadá	<ul style="list-style-type: none"> El núcleo urbano debe tener una población igual al CMA o CA. Cualquier municipio (CSD) con una parte en el núcleo urbano está incluido en el CMA. Sin embargo, para mediciones posteriores de desplazamiento para definir la extensión de <i>hinterland</i>, solamente aquellos municipios CSF con 75 por ciento o más de su población residente en el núcleo urbano son incluidos.
	Japón	<p>Los municipios que cumplen con alguno de los dos siguientes requisitos, incluido en el núcleo (el núcleo puede incluir más de un municipio).</p> <ul style="list-style-type: none"> El DID poblacional es de al menos 10000 y el municipio no es un área periférica para otro núcleo. Los requisitos para un área periférica están satisfechos si también se cumplen los siguientes dos criterios: <ul style="list-style-type: none"> La relación de empleados-residentes es al menos la unidad. El DID poblacional es al menos de 100000 o un tercio del núcleo.

CUADRO 3. Criterios para delimitación de área y zona metropolitana (continuación)

México		<ul style="list-style-type: none"> Municipios que comparten una conurbación intermunicipal y cuya población en conjunto asciende a 50 000 o más habitantes. Municipios con localidades de 50 000 o más habitantes que muestran un alto grado de integración física y funcional con municipios vecinos predominantemente urbanos.
Municipios-condados-districtos periféricos	Estados Unidos	<ul style="list-style-type: none"> Desplazamiento de avance: Al menos 25 por ciento de los empleados del condado trabajan en el condado central (o condados) de un CBSA. Desplazamiento invertido: Al menos 25 por ciento de los empleados en el condado es representado por los trabajadores residentes en el condado central (o condados) de un CBSA.
Canadá		<ul style="list-style-type: none"> Desplazamiento de avance: Al menos 50 por ciento. Desplazamiento invertido: Al menos 25 por ciento.
Japón		<ul style="list-style-type: none"> Desplazamiento de avance: Al menos 10 por ciento.
México		<ul style="list-style-type: none"> Su localidad principal está ubicada a no más de 10 kilómetros, por carretera pavimentada y de doble carril, de la localidad o conurbación que dio origen a la zm en cuestión. Desplazamiento de avance: Al menos 15 por ciento de su población ocupada trabaja en los municipios centrales. Desplazamiento invertido: 10 por ciento o más de la población que trabaja en el municipio reside en los municipios centrales. Tiene un porcentaje de población económicamente activa ocupada en actividades industriales, comerciales y de servicios mayor o igual a 75 por ciento. Tiene una densidad media urbana de por lo menos 20 habitantes por hectárea.

Fuente: Elaboración propia de acuerdo a los criterios internacionales.

50 por ciento en desplazamientos de avance, siendo este porcentaje superior al de los demás países. En Japón no sucede lo mismo debido a la complejidad de los patrones de desplazamiento, y estipula 10 por ciento como parámetro de viaje al núcleo. A diferencia de los demás países, México aún conserva 75 por ciento de la población económicamente activa en actividades no agrícolas, dicho valor permite definir un “carácter urbano”.

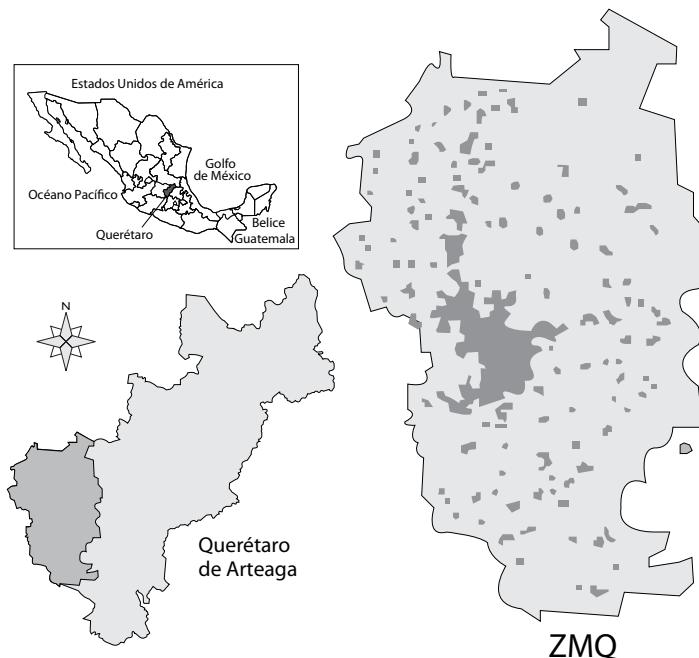
La distancia y el tiempo de viaje

Como ya se expuso, el INEGI considera la distancia de viaje a la zona conurbada como uno de los criterios para la delimitación de localidades con grado de interacción con el núcleo central dentro de la zona metropolitana, el presente trabajo demostrará que el tiempo de viaje a la ZC presenta mayor importancia respecto de la distancia. Discusiones alrededor de la teoría de redes en los últimos treinta años refuerzan la hipótesis, por ejemplo Dupuy (1998, 93-94) expone que la apreciación de la velocidad en la circulación de la red es relativa a una nueva temporalidad, pues, al lado de su dimensión topológica, la red tiene una dimensión cinética. Si bien las redes viarias estructuran el territorio, Foster (1979) expone que hasta el tercer cuarto del siglo pasado, los urbanistas tenían una débil conciencia del conjunto de las implicaciones del triunfo del automóvil sobre el desarrollo urbano futuro, y su efecto en la descentralización de las ciudades. Más recientemente, y en el mismo sentido, Hall (1996) sostiene que la introducción del automóvil afectó la forma de vida y las estructuras urbanas. Dupuy (1995, 30) asegura que el automóvil extiende el espacio urbano, lo descompone y lo recomponen según formas inéditas. Senett (1979) menciona que el transporte privilegia las relaciones espacio-temporales, la elección de destinos, la inmediatez que permite al menos potencialmente a cada ciudadano ser actor, poder escoger los nodos de la red; la instantaneidad, realizada imperfectamente por velocidades a menudo insuficientes pero siempre crecientes. En este sentido Dupuy (1998, 94) interpreta que la red asegura la puesta en relación, la conexión máxima, a ser posible directa y múltiple, entre puntos del espacio, independientemente de su localización y más allá de las diferentes barreras y límites. La red favorece así la apertura del espacio urbano y la descentralización. Gökalp (1988) menciona que la red es capaz de asegurar la circulación en un tiempo corto, el automóvil y las telecomunicaciones refuerzan el fenómeno. La red define al unísono el espacio y el tiempo, estableciendo entre ellos una nueva relación basada en la circulación, el flujo y la velocidad (Dupuy, 1998, 101). Y de manera concluyente, Ribaud (1981) expone que en el sentido de los desplazamientos, lo que cuenta es el tiempo de recorrido y no la distancia.

DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

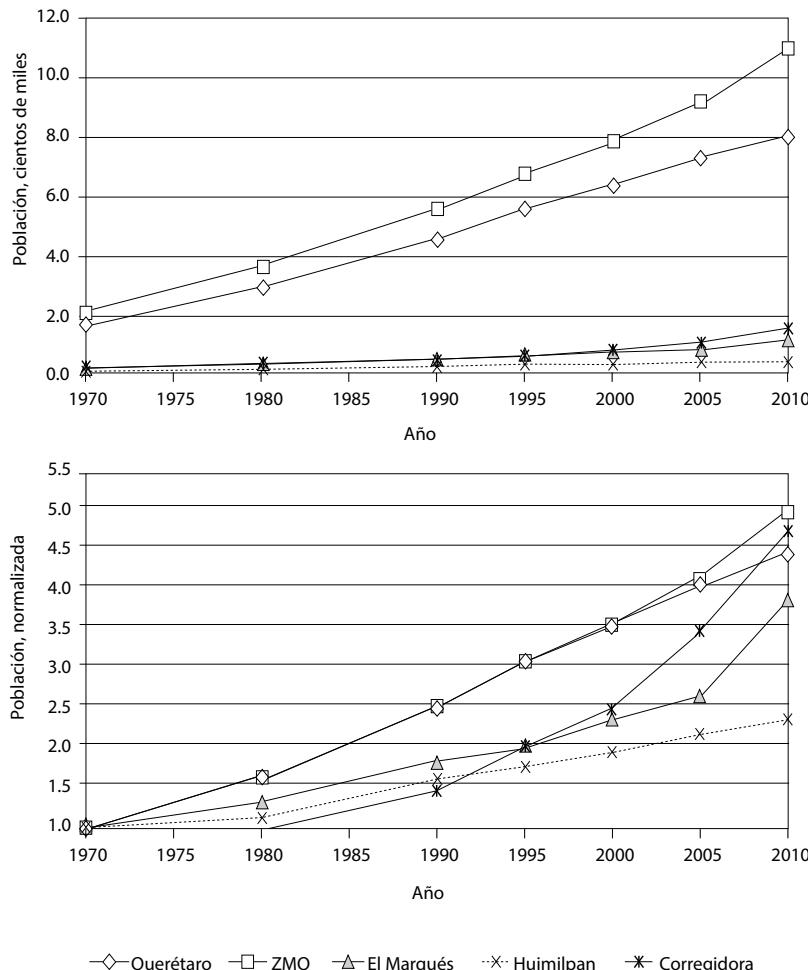
La Zona Metropolitana de Querétaro (ZMQ) está conformada por los municipios de Santiago de Querétaro, Corregidora, El Marqués y Huimilpan; los tres primeros definidos como centrales y Humilpan a partir de criterios de planeación y política urbana. La resultante del crecimiento de la ciudad y sus alrededores es un conglomerado urbano casi continuo, extendiéndose a los municipios de Corregidora (El Pueblito) y el Marqués (La Cañada); en el extremo septentrional del municipio de Huimilpan se ubica la construcción de nuevos fraccionamientos que se relacionan espacial y funcionalmente con la ciudad. De ahora en adelante a este conglomerado urbano se le denominará zona metropolitana de Querétaro (ZMQ). En el mapa 1 se aprecia la ZMQ así como sus localidades urbanas y rurales.

MAPA 1. Zona Metropolitana de Querétaro



Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICA 1. Población en la ZMQ y sus municipios: *a)* absoluta; *b)* normalizada desde 1970



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de INEGI (2010).

Los municipios de la ZMQ han venido presentado un incremento en su población desde la década de 1970, y en la gráfica 1 puede apreciarse la evolución de su población en el periodo de 1970 a 2010.

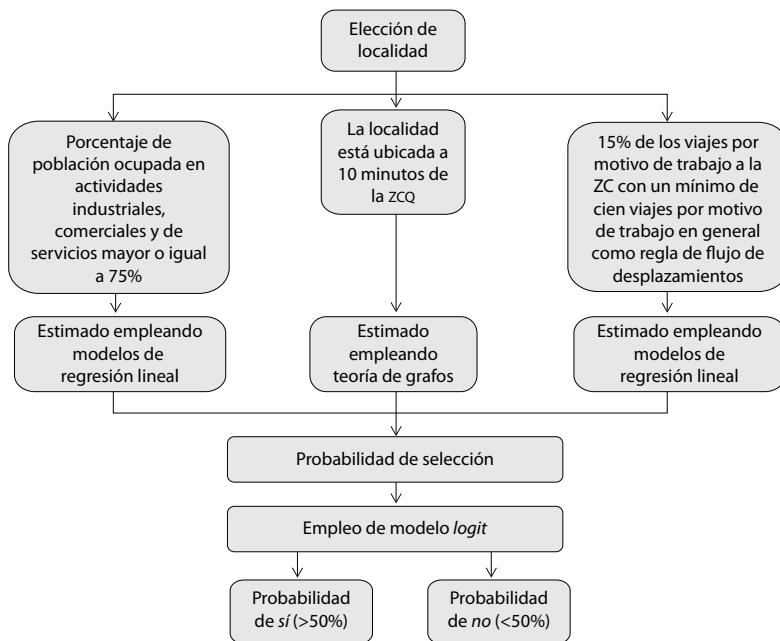
En la gráfica 1 se observa que la población de la ZM en 1970 era de 221 478, ésta casi se cuadruplicó en tres décadas, pues en el año 2000 alcanzó 816 481 habitantes; uno de los detonantes fue la migración de los habitantes de la Ciudad de México después del sismo de 1985, prácticamente se trató de migrantes en edad productiva y con ingresos medios y altos (PNUMA, Sedesu y Concyteq, 2008).

MÉTODO

A partir de la metodología empleada por Sedesol, Conapo e INEGI (2007) y de los criterios internacionales expuestos, el diagrama 2 muestra el procedimiento metodológico propuesto para la determinación de las localidades con integración funcional a su núcleo central. A partir del diagrama 2 se tienen las siguientes diferencias con respecto a la metodología que aplican Sedesol, Conapo e INEGI (véase cuadro 3), la primera es el cambio de variable de población económicamente activa a población ocupada, con el propósito de asegurar robustez en el modelo de desplazamientos por motivo de trabajo; la segunda, en la que se centra la hipótesis del presente artículo, es la distancia menor de 10 kilómetros en carretera pavimentada y de doble carril a la ZC (variable que más adelante se discutirá por el tiempo de viaje), la tercera es 15 por ciento de los desplazamientos por motivo de trabajo a la ZC, el cual se mantiene, pero se le aplica la restricción tomada del Censo Canadiense, que establece que se realicen por lo menos cien desplazamientos en general.

En el caso de México se presenta una limitante, ya que en el censo de 2010 el INEGI no publicó la población ocupada en el sector secundario y terciario, por lo anterior, se propone hacer uso de modelos de regresión múltiple considerando datos de los censos de 1990 y 2000 para su estimación. La inclusión de ambos sectores, como se observará en los apartados posteriores, ha sido una de las variables significativas en la estimación de los modelos, como lo fue en la metodología desarrollada por Souza (2010, 82), para zonificar ambos sectores y coligar factores exógenos y endógenos al proceso morfológico-expansivo en la ZM de Monterrey.

DIAGRAMA 2. Procedimiento metodológico para selección de localidades



Fuente: Elaboración propia.

La variable densidad media urbana no se considera dentro del presente análisis, pues debido a la creciente movilidad que han inducido los medios motorizados (ya discutido con anterioridad en Sultana y Weber, 2007; Heinrichs *et al.*, 2009 y García, 2010), la misma economía permite incrementar el número de individuos que tienen acceso al uso de vehículo privado, reflejando un número mayor de desplazamientos, además de las inversiones en infraestructura viaria, lo anterior se encuentra relacionado con el grado de accesibilidad que pueda llegar a tener la zona.

EL GRAFO

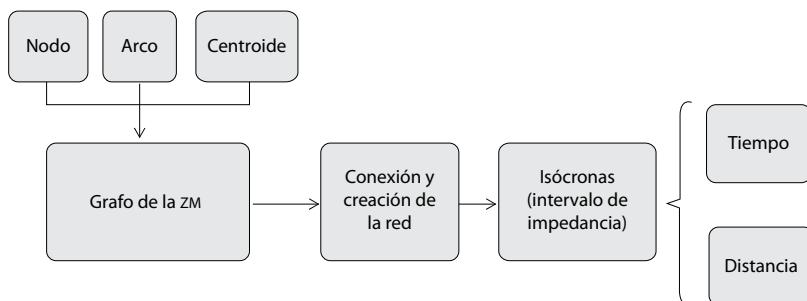
La modelación de redes se basa en la teoría de grafos, la cual conceptualiza tres elementos definidos por Garber y Hoel (2004, 531) como: arco (parte

del sistema de vialidades que puede describirse por su capacidad, velocidad y longitud), nodo (punto terminal de un arco, representa una intersección o un punto donde un arco cambia su dirección, capacidad o velocidad, entre otros) y centroide (punto dentro de una zona donde se considera el inicio o terminación de un viaje).

A partir de lo anterior, la red vial de la ZM se representa en un grafo por medio de un SIG (Transcad Ver. 6) en el que las localidades se definen como centroides y cada una de sus vialidades por los arcos y sus respectivos nodos; dicho SIG permite georreferenciar información estadística, matrices origen-destino, información como tiempo, distancia, velocidad de cada arco de la red, con estos últimos parámetros es posible la generación de bandas denominadas isócronas, que consisten en una sucesión de bandas con rangos establecidos denominados “intervalo de impedancia”. El auxiliarse de dicha herramienta permite realizar una inspección visual de las localidades con mayor accesibilidad (ya sea en tiempo o distancia). Para la generación de las isócronas de distancia y tiempo se emplea la metodología mostrada en el diagrama 3.

Las isócronas de distancia y tiempo son solamente un artificio para comprender la accesibilidad que existe en nuestro caso, entre las localidades y la ZM, por ello, para percibir el fenómeno de metropolización es necesario emplear criterios similares a los propuestos por Sedesol, Conapo e INEGI; pues el

DIAGRAMA 3. Procedimiento para la obtención de isócronas



Fuente: Elaboración propia.

objetivo es contar con una metodología que permita determinar qué localidades presentan mayor influencia a su ZC a través de modelos probabilísticos.

LA DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES CENSALES

Para cumplir con el objetivo del presente trabajo se emplearon seis variables disponibles en los censos y conteos de poblaciones y vivienda realizados por el INEGI, que son:

1. Población total: personas nacionales y extranjeras que residen habitualmente en el país y población estimada de viviendas particulares sin información de ocupantes.
2. Población económicamente activa: población de 12 años y más que trabajó o buscó trabajo en la semana de referencia.⁴
3. Población económicamente inactiva: población de 12 años y más que no trabajó ni buscó trabajo en la semana de referencia.
4. Población ocupada: población de 12 años y más que trabajó en la semana de referencia. Incluye la población que tenía trabajo, pero no trabajó en la semana de referencia.
5. Población ocupada en el sector secundario: población ocupada que trabajó en la minería, generación y suministro de electricidad y agua, construcción o industria manufacturera.
6. Población ocupada en el sector terciario: población ocupada que trabajó en el comercio, en el transporte, los servicios financieros, ofreciendo servicios profesionales, en el gobierno u otros servicios.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Siguiendo la metodología presentada en el diagrama 2, a continuación se detalla el proceso para la determinación de localidades con integración funcional a su ZC.

⁴ La semana de referencia es el tiempo durante el cual INEGI aplicó la encuesta.

DETERMINACIÓN DE DISTANCIAS Y TIEMPOS DE VIAJE EN LA RED PERIFÉRICA

En el mapa 2 se presentan las isócronas de distancia y tiempo de viaje respectivamente, dichas variables se utilizaron en las estimaciones estadísticas para analizar el fenómeno metropolitano, si bien la variable de distancia es la empleada por el INEGI en la determinación, en siguientes apartados se discutirá cuál de las dos presenta mayor significación estadística en la actualidad para la determinación de localidades con integración funcional.

La isócrona de distancia mostrada en el mapa 2 fue construida en intervalos de cinco kilómetros, mientras la impedancia de la de tiempo es de 10 minutos, ambas a partir del límite exterior de la zona conurbada de Querétaro (zCQ). La distancia en cada arco se obtuvo a partir de la georreferenciación del grafo, mientras que el tiempo de viaje fue calculado a partir de las velocidades reales a flujo libre en cada arco de la red, obtenidas mediante la instrumentación de un vehículo con GPS, que registra la velocidad de punto cada cinco segundos; el promedio de dichas velocidades en cada arco de la red periférica da como resultado la velocidad media de recorrido en cada arco.

LA OCUPACIÓN EN EL SECTOR SECUNDARIO Y TERCIARIO

Con base en los lineamientos ya expuestos, uno de los parámetros que se proponen para la delimitación de una ZM es la población ocupada en los sectores secundario y terciario. Como se comentó, el INEGI no cuenta con dicha información en el censo del año 2010, por ello para su determinación se estimaron cuatro modelos de regresión lineal múltiple mediante un estudio retrospectivo basado en datos históricos (Montgomery *et al.*, 2006), empleando los censos de 1990 y 2000. Las variables utilizadas para cada localidad son:

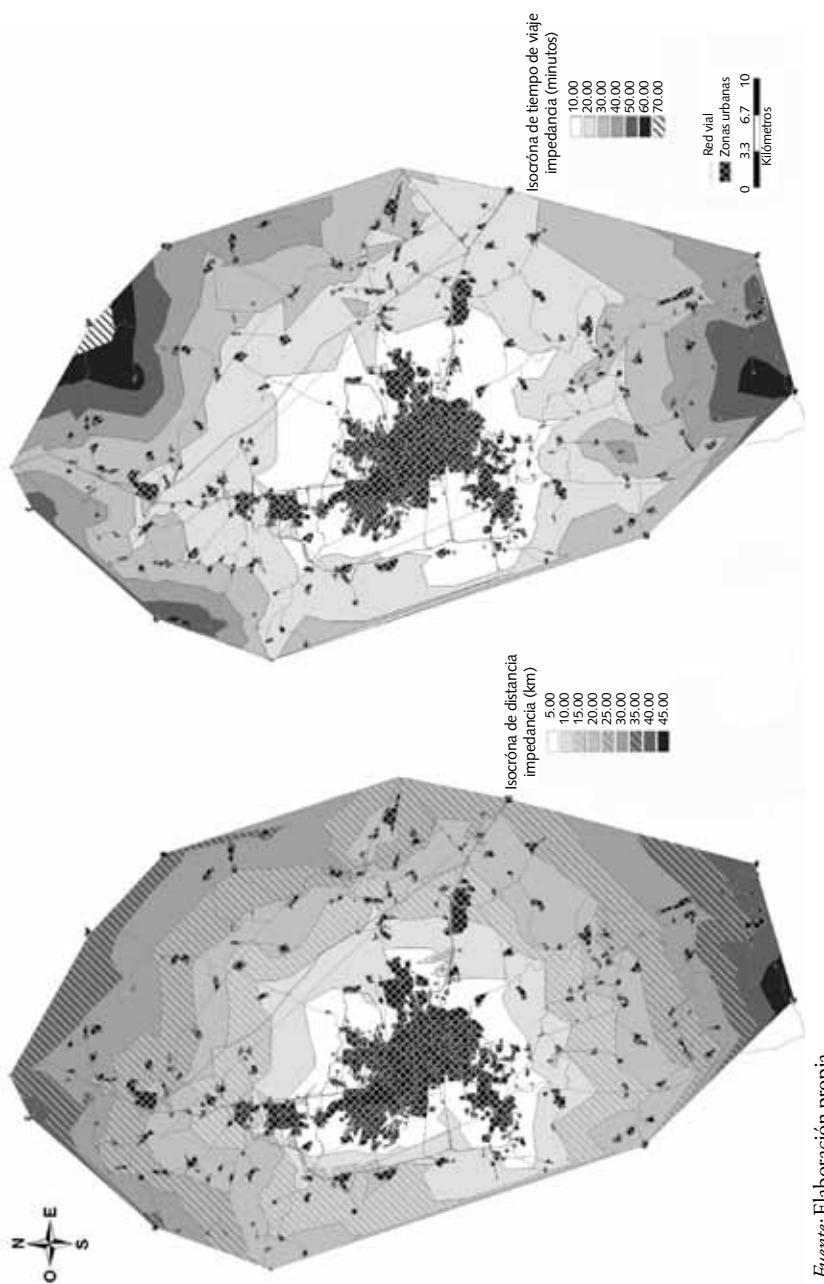
χ_1 : Población total

χ_2 : Población económicamente activa

χ_3 : Población económicamente inactiva

χ_4 : Población ocupada

MAPA 2. Isócrona de distancia y tiempo en la ZMQ



Fuente: Elaboración propia.

χ_5 : Distancia a la zcq (en kilómetros)

Respuesta: población ocupada en los sectores secundario y terciario.

En el cuadro 4 se muestran los resultados de los diferentes modelos estadísticos estimados.

Los resultados del cuadro 4 muestran que los cuatro modelos presentan el mismo coeficiente de correlación, sin embargo los modelos 3 y 4 se descartaron debido al menor número de variables, por ello se aplicaron los modelos 1 y 4 para analizar su robustez, estimando la población ocupada en los sectores secundario y terciario en el año 2000, para posteriormente comparar dicha estimación con el dato real empleando el contraste 2-Sample T. Los parámetros estadísticos obtenidos de dicho contraste se presentan en el cuadro 5.

CUADRO 4. Modelos de regresión lineal múltiple para estimar la población ocupada en los sectores secundario y terciario

Variable predicción	Modelo 1		Modelo 2		Modelo 3		Modelo 4	
	Coeficiente	Error estadístico						
Constante	-19.827*** (-6.01)	3.3	-19.229*** (-5.67)	3.392	-20.416*** (-5.95)	3.432	-21.107*** (-6.26)	3.37
χ_1	-0.21098*** (-7.26)	0.02904	-0.09042*** (-8.98)	0.01007	-0.07805*** (-7.98)	0.009777	-0.17681*** (-6.20)	0.0285
χ_2	1.24045*** (32.90)	0.0377	1.14283*** (36.40)	0.0314	—	—	—	—
χ_3	0.26176*** (4.41)	0.05937	—	—	—	—	0.21778*** (3.68)	0.05922
χ_4	—	—	—	—	1.1216*** (36.28)	0.03092	1.19913*** (32.48)	0.03692
S	42.9374		44.2503		44.2503		43.3826	
R-Sq	98.70%		98.70%		98.70%		98.70%	
R-Sq(adj)	98.70%		98.70%		98.70%		98.70%	

Fuente: Elaboración propia. Nota: ***, **, * => nivel de significación al 1%, 5%, 10%.

CUADRO 5. Contraste entre el valor estimado del sector secundario y terciario e información censal

	Modelo 1			Modelo 4		
	Media	Desvia- ción estadística	Error estadístico. Media	Media	Desvia- ción estadística	Error estadístico. Media
	Censo 2000	268	467	37	Censo 2000	267
Censo 2000 (estimado)	264	466	37	Censo 2000 (estimado)	265	467
Diferencia		3.79747		Diferencia		2.72785
95% de intervalo de confianza: (-99.44647, 107.04141)				95% de intervalo de confianza: (-100.61516, 106.07086)		
Valor <i>T</i> : 0.07	Valor <i>P</i> : 0.942			Valor <i>T</i> : 0.05	Valor <i>P</i> : 0.959	

Fuente: Elaboración propia.

El cuadro 5 muestra que ambos modelos se encuentran dentro del intervalo de confianza, la hipótesis es nula, pues no existe gran contraste respecto de sus medias; no obstante los valores de los modelos 1 y 4 estimados para el censo del año 2000 presentaron algunos datos atípicos, por consiguiente, para que el modelo demuestre mayor veracidad, se optó por estimar dos modelos dependiendo del grupo poblacional. El primer grupo estimará las localidades que muestran un valor igual o mayor de 75 por ciento de su población ocupada en los sectores secundario y terciario, y el segundo, a las localidades con menos de 75 por ciento. Con base en lo anterior los modelos estimados se muestran en el cuadro 6.

De acuerdo con el cuadro 6 los coeficientes de correlación resultan ser elevados y las variables estadísticamente significativas. En ambos modelos el coeficiente de la población ocupada es el que presenta mayor magnitud. En el modelo 6 se observa el efecto negativo de la distancia a la zona conurbada en las actividades de los sectores secundario y terciario, es decir, para una determinada localidad con una cierta población ocupada, dichos sectores se potencializarán en cierto grado por la proximidad a su zc.⁵ Para corroborar

⁵ La distancia del centroide de una localidad al perímetro externo de la zcQ será la distancia a la zcQ.

CUADRO 6. Modelos de regresión lineal múltiple para estimar la población ocupada en los sectores secundario y terciario dependiendo de su grupo poblacional

Variable predictora	Modelo 5; para localidades con población ocupada en los sectores secundario y terciario mayor o igual a 75 por ciento		Modelo 6; para localidades con población ocupada en los sectores secundario y terciario menor a 75 por ciento	
	Coeficiente	Error estadístico	Coeficiente	Error estadístico
Constante	-3.836*	2.577 (-1.49)	1.594*	4.661 (0.34)
χ_3	-0.08876***	0.01375 (6.45)	—	—
χ_4	0.98286***	0.01479 (66.45)	0.651387***	0.009558 (68.15)
χ_5	—	—	-0.6113***	0.2051 (-2.98)
S	26.8814		24.9662	
R-Sq	99.70%		95.90%	
R-Sq(adj)	99.70%		95.90%	

Fuente: Elaboración propia. Nota: ***, **, * ==> nivel de significación a 1%, 5%, 10%.

CUADRO 7. Pareo T para el sector secundario y terciario

	Modelo 5		
	Media	Desviación estadística	Error estadístico. Media
Censo 2000	283	541	51
Censo 2000 (proyectado)	282	538	50
Diferencia	1.45614		
95% de intervalo de confianza: (-139.42054, 142.33283)			
Valor T : 0.02	Valor P : 0.984		

Fuente: Elaboración propia.

la robustez de los modelos 5 y 6, dichos modelos se emplearon para estimar la población ocupada en el año 2000, comparando el resultado mediante un “pareo T” (cuadro 7), mostrando que ambos valores “p” son mayores de 0.05 y el valor cero se encuentra dentro del intervalo de confianza, confirmándose nuevamente hipótesis nula. La aplicación de los modelos no reflejó datos atípicos, por ello se optó por emplearlos para la proyección de los sectores secundario y terciario en el año 2010.

LOS DESPLAZAMIENTOS A LA ZC

La variable desplazamientos permite estimar los flujos derivados de las actividades de los residentes, que se obtienen mediante encuestas origen-destino. Respecto de los desplazamientos en una periferia metropolitana Giuliano y Gillespie (1997, 168) exponen que la misma ubicación espacial (en la periferia) de dichas urbanizaciones inducen a que se incrementen los desplazamientos en dichas zonas, pero también aumentan los viajes que se dirigen desde el centro a la periferia, los denominados *inverse commuting* o *reverse commuting* los cuales son cada vez más habituales, no obstante, este último sentido de viajes no se considera dentro de los lineamientos para determinar localidades influyentes, pues en nuestro caso de estudio sólo representa 1.2 por ciento de los desplazamientos.

La variable de desplazamientos se estimó a partir de la encuesta origen-destino proporcionada por el Centro Queretano de Recursos Naturales (CQRN, 2009), derivada de un análisis sobre la problemática del sistema de transporte en la zona rural de la región centro del estado de Querétaro. A partir de dicha encuesta, se desarrolló un modelo de regresión múltiple (empleando datos agregados por localidad) para estimar los viajes por motivo de trabajo de cada una de las localidades a la ZMQ. Dicho modelo permite estimar los viajes para el año 2010; las variables estadísticamente significativas son las siguientes:

χ_1 : Población total

χ_2 : Relación entre la distancia de la ZCQ y los parques industriales

Respuesta: Viajes diarios a la ZC por motivo de trabajo

La variable X_2 permite interpretar la relación existente entre la distancia de cada una de las localidades a la ZCQ o a un parque industrial (PI) dentro de la ZCQ. Los PI considerados son el Parque Industrial Balvanera, Parque Industrial Bernardo Quintana, Parque Industrial la Cruz, Parque Industrial Aeropuerto y el Parque Industrial Querétaro. La relación fue construida considerando el mínimo entre la distancia, ya sea a la ZC o al PI, con base en lo siguiente:

CUADRO 8. Modelo de viajes diarios equivalentes por motivo de trabajo en la ZMQ

Variable predictora	Coeficiente	Error estadístico	T	p
Constante	17.09	28.80	0.59	0.558
X_1	0.16747	0.01296	12.92	0.000
X_2	-24.24	11.68	-2.08	0.048
$S = 86.8727$	$R-Sq = 87.1\%$			$R-Sq(adj) = 86.2\%$

Fuente: Elaboración propia.

$$\text{MIN}[DZC, DPI]$$

$$\text{Si } \text{MIN} = ZC; X_2 = 1$$

$$\text{Si } \text{MIN} = DPI; X_2 = DZC/DPI$$

Donde: DZC = distancia de la localidad a la zona conurbada y DPI = distancia de la localidad al parque industrial más cercano.

Lo anterior indica que si el valor es próximo a la unidad, la distancia “óptima” de la localidad será hacia la ZCQ (es decir, las oportunidades laborales de la ZC presentarán mayor cercanía respecto de los PI) y si es mayor que uno entonces la distancia óptima tenderá a uno de los PI. Lo anterior considera así la gravitación de los PI en la atracción de viajes por motivo de trabajo dentro de la ZM. Los parámetros estadísticos obtenidos del mejor modelo estimado se muestran en el cuadro 8.

En el modelo estimado la variable X_2 refleja signo negativo, pues la distancia tiene un efecto negativo en la producción de viajes a la ZCQ (es decir, los niveles de interacción entre la ciudad central y las localidades que la rodean disminuyen conforme la distancia aumenta, debido al costo derivado del desplazamiento), misma que se verá afectada si tiene próximo un PI.

LA VARIABLE DISTANCIA Y TIEMPO DE VIAJE A LA ZCQ, ANÁLISIS DE SU MAGNITUD

Con el propósito canalizar las reflexiones de los autores expuestos en la revisión de la literatura, se realiza una comparación de la significación estadística

CUADRO 9. Comparación de la distancia y tiempo en los sectores secundario y terciario

Variable	Modelo 1		Modelo 2		Modelo 3		Modelo 4	
	Coeficiente	Error estadístico (T)	Coeficiente	Error estadístico (T)	Coeficiente	Error estadístico (T)	Coeficiente	Error estadístico (T)
Constante	-43.85** (-2.01)	21.86	-22.023*** (-2.66)	8.284	-30.54	21.85 (-1.4)	-12.182	8.245 (0.142)
χ_1	0.353666*** (97.01)	0.003646	—	—	0.352889*** (96.76)	0.003647	—	—
χ_2	—	—	0.913779*** (256.09)	0.003568	—	—	0.912648*** (256.52)	0.003558
χ_3	-1.3293	0.9866 (-1.35)	-0.2104	0.3762 (-0.56)	—	—	—	—
χ_4	—	—	—	—	-1.6524** (-2.01)	0.8217	-0.5807* (-1.86)	0.3123
S	79.155		30.1313		78.3706		29.7071	
R-Sq	98.90%		99.80%		98.90%		99.80%	
R-Sq(adj)	98.90%		99.80%		98.90%		99.80%	

Fuente: Elaboración propia. Nota: ***, **, * ==> nivel de significación a 1%, 5%, 10%.

ca de las variables distancia y tiempo de viaje, comparando su magnitud con los modelos estimados, empleando como variable de respuesta la población ocupada en los sectores secundario y terciario de cada localidad mediante información de los censos de 1990 y 2000; el propósito de usar dichos sectores como variable de respuesta radica en la dinámica que dichas actividades integran. El cuadro 9 muestra los parámetros estadísticos de cada modelo. Las variables utilizadas son: χ_1 : Población; χ_2 : Población ocupada; χ_3 : Distancia a la zcq (en kilómetros) y χ_4 : Tiempo de viaje a la zcq (en minutos). Para cumplir el objetivo expuesto, se comparan los modelos empleando en cada uno variables similares, es decir, en el modelo 1 la población con la distancia, mientras en el modelo 3 la población con el tiempo de viaje, y en 2 y 4 la población ocupada con la distancia y el tiempo, respectivamente.

Los modelos 2 y 4 presentan mayores coeficientes de correlación, se observa que las variables de los modelos 1, 2 y 4 no presentan un nivel de

significación inferior a 5 por ciento (p), siendo el modelo 3 el único que cumple dicho contraste. En los modelos estimados, el tiempo de viaje presenta mayor magnitud en su coeficiente respecto de la distancia, se reafirma que el signo negativo en ambos (distancia y tiempo), lo que refleja el efecto disuasor en la realización del desplazamiento. Por lo obtenido en esta comparación, se puede concluir que el tiempo de viaje a la zcq presenta mayor significación respecto de la variable distancia, corroborando lo expuesto por los autores mencionados en la revisión de la literatura.

EL MODELO *LOGIT* BINARIO, SU APLICACIÓN PARA LA ELECCIÓN DE LOCALIDADES SIGNIFICATIVAS EN UNA ZM

El modelo *logit* se inscribe dentro de las llamadas regresiones sobre variable *dummy*. Una variable *dummy* o dicotómica es una variable numérica usada en el análisis de regresión lineal para representar los subgrupos de la muestra de estudio. A diferencia de los modelos agregados (regresiones múltiples), que se basan en relaciones observadas por promedios o agrupaciones de individuos o zonas, los modelos desagregados (o de elección discreta) tienen su fundamento en las elecciones observadas. Ortúzar y Willumsen (2008, 334) exponen que estos modelos en general postulan que la probabilidad de una cierta opción, es una función de sus características y de lo atractiva que resulte en comparación con las demás; para representar la atracción de la alternativa se utiliza el concepto de “utilidad”. Cada variable representa un atributo de la alternativa, en tanto que los coeficientes representan la influencia relativa de cada atributo, es decir, la contribución que cada variable aporta a cada alternativa. Para poder predecir si una alternativa es viable, el valor de su utilidad se ha de comparar con el valor de las utilidades de las opciones alternativas y transformarse en un valor de probabilidad entre 0 y 1. Para ello se hace uso de la transformación *logit*:

$$P_1 = \frac{\exp(V_1)}{\exp(V_1) + \exp(V_2)}$$

CUADRO 10. Modelos de regresión logística binaria

Variable	Modelo 1		Modelo 2		Modelo 3		Modelo 4	
	Coeficiente	Error estadístico (Z)	Coeficiente	Error estadístico (Z)	Coeficiente	Error estadístico (Z)	Coeficiente	Error estadístico (Z)
Constante	-2.33486** (-1.97)	1.18679	-1.27325 (-1.07)	1.1850	-3.88029*** (-3.46)	1.12117	-2.96764*** (-2.77)	1.06967
χ_1	—	—	0.0017156*** (3.51)	0.000489	—	—	0.0015493*** (3.46)	0.0004482
χ_2	7.18749*** (5.16)	1.39209	4.67183*** (3.42)	1.3674	7.49075*** (5.39)	1.38908	4.91723*** (3.68)	1.33646
χ_3	-0.113296*** (3.29)	0.0343918	-0.141805*** (-3.29)	0.0430608	—	—	—	—
χ_4	—	—	—	—	-0.0657503** (-1.85)	0.035576	-0.0816183** (-2.07)	0.0393897

Fuente: Elaboración propia. Nota: ***, **, * ==> nivel de significación a 1%, 5%, 10%.

Para poder hacer uso de la expresión matemática es necesario obtener la “utilidad” para la elección de localidades significativas, es aquí donde se hizo uso de la regresión logística binaria, que arrojó los siguientes parámetros estadísticos mostrados en el cuadro 10. Las variables utilizadas en la regresión son:

χ_1 : Población

χ_2 : Porcentaje de población ocupada en los sectores secundario y terciario (en decimal)

χ_3 : Tiempo de viaje a la Zona Conurbada de Querétaro (en minutos)

χ_4 : Distancia de viaje a la Zona Conurbada de Querétaro (en metros)

La variable respuesta es igual a 1 (sí es influyente), si la localidad cumple con 75 por ciento de población ocupada en los sectores secundario y terciario, los desplazamientos a la ZC por motivo de trabajo son superiores a 15 por ciento, con un mínimo de cien viajes por motivo de trabajo en cada localidad y que en la localidad residan más de 50 habitantes, cumpliendo así con los parámetros del INEGI, exceptuando la distancia a la ZC.

De los cuatro modelos estimados, tres de ellos cumplen con los contrastes estadísticos, y en dos de ellos es estadísticamente significativo el tiempo de viaje, mientras la distancia sólo es en uno. Los modelos 2 y 4 se construyeron considerando la población ocupada en los sectores secundario y terciario y el tamaño de la población, variables establecidas por el INEGI para determinación de localidades influyentes en una ZM, así como la distancia a la ZC en el modelo 4. Analizando la influencia del tiempo de viaje en el modelo 2, se observa que en dicho modelo el término de la constante presenta menor magnitud que en el modelo 4, así como mayor robustez en los contrastes estadísticos de cada variable. Ambos muestran signo negativo en distancia y tiempo, así como mayor magnitud en la variable X_2 , y que el tiempo o la distancia presentan mayor peso respecto del tamaño poblacional. Debido a la robustez del modelo 2 y a la significación que presentó X_3 en la determinación de la población ocupada en los sectores secundario y terciario, se opta por elegir dicho modelo, que sostiene la hipótesis del presente trabajo.

APLICACIÓN DEL MODELO DE ELECCIÓN DE LOCALIDADES INFLUYENTES EN UNA ZM

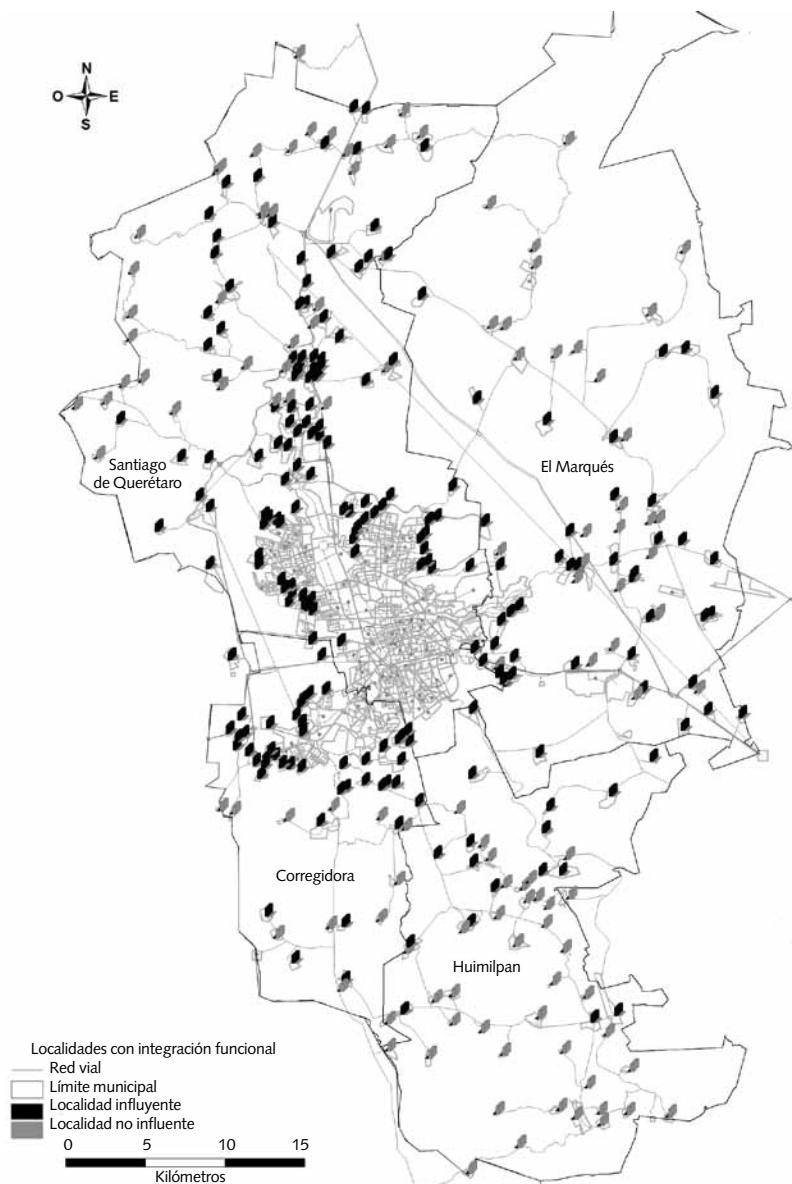
El modelo 2 del cuadro 10 se aplicó en la ZMQ empleando las siguientes funciones lineales:

$$V_{si} = -1.27325 + 0.0017156\chi_1 + 4.67183\chi_2 - 0.141805\chi_3$$

$$V_{no} = 1.27325 - 0.0017156\chi_1 - 4.67183\chi_2 + 0.141805\chi_3$$

Una vez obtenidas las “utilidades” para cada localidad, se procedió a aplicar la transformación *logit*, considerando influyentes aquellas localidades con probabilidad resultante mayor de 50 por ciento. En el mapa 3 se aprecia el resultado de la aplicación.

Se deduce que el modelo tiene la ventaja de englobar las variables de población, los ocupados en los sectores secundario y terciario y el tiempo de viaje a la ZC; su importancia reside en establecer una herramienta que

MAPA 3. Localidades influyentes a partir de la aplicación del modelo *logit*

Fuente: Elaboración propia.

permite determinar qué localidades presentan mayor influencia de la ZC permitiendo gestionar sus recursos y aplicar políticas de planificación. Tal como se planteó en la revisión de la literatura, es importante considerar la estructura metropolitana como un sistema que tiende a evolucionar, por ello, es benéfica la identificación de las localidades con mayor dinámica.

CONCLUSIONES

A partir de lo expuesto en el presente artículo se corrobora la hipótesis de partida, siendo el tiempo de viaje a la ZC una variable de mayor magnitud respecto de la distancia, la cual se ha empleado tradicionalmente en la determinación de localidades influyentes dentro de una ZM.

De la revisión de los criterios de delimitación de ZM se observan similitudes entre los parámetros de los cuatro países analizados. En México aún se sigue empleando 75 por ciento de población ocupada en actividades industriales o comerciales, su objetivo radica en la identificación de localidades urbanas o en proceso de urbanización; para delimitar el área metropolitana, los países tienen similitud en el uso de una población con un mínimo de 50 000 habitantes, para delimitar a nivel micropolitano se usan criterios que van de 10 000 a 50 000 habitantes a excepción de México, donde aún se basan sus criterios en el nivel metropolitano. En Estados Unidos y Canadá uno de los objetivos es delimitar áreas estadísticas con propósitos específicos, para México se tiene similitud en el uso de las AGEB (áreas geoestadísticas básicas), las cuales están compuestas por un cierto número de manzanas (casas) agregando información de variables socioeconómicas. En Japón, debido al grado de complejidad de sus ciudades ha definido las denominadas “áreas urbanas de empleo”, estipula la importancia en los flujos de desplazamiento por motivo de trabajo, algo que en México aún no se ha logrado. Respecto a los porcentajes de desplazamientos, Estados Unidos y Canadá manejan porcentajes más altos que México, no obstante, Japón emplea un porcentaje menor que Estados Unidos, Canadá y México, de 10 por ciento y solamente en dirección al núcleo central, esto se debe a lo ya mencionado, derivado de la complejidad de dicho país.

La población ocupada en los sectores secundario y terciario ha servido para analizar y comprobar la magnitud de las variables distancia y tiempo; si bien el tiempo resultó más representativo en la dinámica de las localidades, ni el tiempo ni la distancia por sí solas fueron significativas en la estimación del modelo de producción de viajes por motivo de trabajo, pues la dinámica metropolitana está influida por los parques industriales, que complicaron su estimación directa; así, se desarrolló una relación que depende de la distancia a la zc o a un PI, induciendo el fenómeno de gravitación de viajes y su relación con las economías de escala. Su importancia reside en los modelos monocéntrico y policéntrico, pues si la población ocupada de las localidades tiende a gravitar (realizar actividades por motivo de trabajo) a una localidad más cercana que la zcq, dependiendo de su grado de especialización y oferta de empleo o de las características socioeconómicas y espaciales que generan desplazamientos a los parques industriales.

Al observar la magnitud y significación estadística de la población ocupada en los sectores secundario y terciario en los modelos, se hace necesaria una reconsideración por parte del INEGI para elaborar dicha información y publicarla en los próximos censos.

La aplicación del modelo *logit* en la incorporación de los tres principales parámetros establecidos por el INEGI (población, porcentaje de población ocupada en los sectores secundario y terciario y 15% de los desplazamientos por motivo de trabajo a la zc) permitió realizar la construcción del modelo, sin embargo en los viajes se optó por agregar una regla de flujo de desplazamientos en la que al menos se generaran cien viajes por motivo de trabajo, con cualquier destino en general. Si bien su valor se adoptó del censo canadiense, resulta ser significativa, ya que aseguró que la localidad presentaría cierto grado de producción de desplazamientos.

Otra cualidad fue la magnitud del tiempo, obteniéndose que cien por ciento de las localidades con un tiempo de viaje inferior o igual a diez minutos a la zc son influyentes, lo anterior puede servir como un nuevo criterio en el análisis de la dinámica de las ZM. Para un tiempo mayor de diez minutos y auxiliándose de las isócronas de distancia y tiempo se comprobó

que el modelo trabajaba de manera análoga, ya que espacialmente muestra que algunas localidades no influyentes se ubicaban a una distancia considerable y la magnitud del tiempo resultó ser elevada, asimismo las vialidades de algunas localidades eran del tipo terracería, lo cual se reflejaba en mayor tiempo en sus desplazamientos.

La metodología expuesta, nos permite estimar de manera congruente las localidades influyentes dentro de una ZM, el modelo *logit* estimado es construido con dos variables disponibles en la mayoría de los institutos censales (población total, ocupados en los sectores secundario y terciario) y su tercer variable demuestra la importancia del tiempo de viaje dentro de la dinámica metropolitana. Entre las líneas de investigación futura, en la primera se considera necesario realizar un análisis a profundidad integrando los desplazamientos de la ZC a las localidades de la ZM, pues es de interés el grado de atracción de cada una de éstas para consolidar el modelo, no obstante, la principal limitante es el elevado costo económico necesario para dicho análisis. La segunda, es un análisis detallado de las gravitaciones derivadas de los desplazamientos de cada una de las localidades dependiendo del tiempo de viaje a su ZC, obteniendo así patrones estructurados por rangos, y si dentro de estos rangos se aprecian patrones de atracción de viajes derivados de la oferta de actividades entre las mismas localidades. ☐

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bazant, Jan (2010), “Expansión urbana incontrolada y paradigmas de la planeación urbana”, *Espacio Abierto*, 3, pp. 475-503.
- Blanco, Ismael, Sonia Fleury y Joan Subirats (2012), “Nuevas miradas sobre viejos problemas: Periferias urbanas y transformación social”, *Gestión y Política Pública*, volumen temático, pp. 3-40.
- Bruce, Ellsworth (2001), *GIS: A Visual Approach* (2a. ed.), Canadá, Onword Press.
- Cabrero, Enrique y Ana Díaz (2012), “La acción local en periferias urbanas marginadas de México ¿Nuevas o viejas institucionalidades?”, *Gestión y Política Pública*, volumen temático, pp. 83-129.

- Camagni, Roberto (2005), *Economía urbana*, Barcelona, Antoni Bosch.
- Capel, Horacio (2011), “Innovaciones sociales, discursos científicos y construcción de la ciudad”, ponencia presentada en el Seminario Internacional “Periferias Urbanas y Transformación Comunitaria”, Barcelona, Diálogo México-España, 21 y 22 de febrero.
- CQRN, Centro Queretano de Recursos Naturales (2009), *Diagnóstico y propuesta de solución: Problemática del sistema de transporte: Zona rural de la Región Centro del Estado de Querétaro*, Querétaro, Concyteq.
- Civco, Daniel, James Hurd, Emily Wilson, Chester Arnold y Michael Prisloe (2002), “Quantifying and Describing Urbanizing Landscapes in the Northeast United States”, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(10), pp. 1083-1090.
- Cochrane, Allan (2007), *Understanding Urban Policy: A Critical Approach*, Oxford, Blackwell Publishing.
- Díaz, Fernando (2012), “Periferias urbanas y reconfiguración de las políticas urbanas en España”, *Gestión y Política Pública*, volumen temático, pp. 41-81.
- Dupuy, Gabriel (1995), *Les territoires de l'automobile*, París, Anthropos-Economica.
- _____ (1998), *El urbanismo de las redes: Teorías y métodos*, Barcelona, Oikos-tau.
- Escolano, Severino y Ortíz, Jorge (2005), “La formación de un modelo policéntrico de la actividad comercial en el Gran Santiago (Chile)”, *Revista de Geografía Norte Grande*, 34, pp. 53-64.
- Flores, César (2009), “La estructura espacial urbana y accesibilidad diferenciada a centros de empleo en Ciudad Juárez, Chihuahua”, *Región y Sociedad*, 21(44), pp.117-144.
- Foster, Mark (1979), “City Planners and Urban Transportation: The American Response, 1900-1940”, *Journal of Urban History*, 5(3) pp. 365-396.
- Garber, Nicholas y Lester Hoel (2004), *Ingeniería de tránsito y carreteras*, México, Cengage Learning.
- García, Juan (2010), “Urban Sprawl and Travel to Work: The Case of the

- Metropolitan Area of Madrid”, *Journal of Transport Geography*, 18(2), pp. 197-213.
- Giuliano, Genevieve y Andy Gillespie (1997), “Research Issues Regarding Societal Change and Transport”, *Journal of Transport Geography*, 5(3), pp.165-176.
- Gökalp, Lusin (1988), “Les systèmes technologiques à grande échelle: Les réseaux et leur impact”, *Annales du Levant*, 3, pp. 25-31.
- Guillermo, Adrián (2004), *Procesos metropolitanos y grandes ciudades: Dinámicas recientes en México y otros países*, México, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Hall, Peter (1996), *Ciudades del mañana: Historia del urbanismo en el siglo XX*, Barcelona, Serbal.
- Heinrichs, Dirk, Henning Nuissl y Seeger Rodríguez (2009), “Dispersión urbana y nuevos desafíos para la gobernanza (metropolitana) en América Latina: El caso de Santiago de Chile”, *Eure*, 35(104), pp. 29-46.
- Herce, Manuel y Francesc Magrinyà (2002), *La ingeniería en la evolución urbanística*, Barcelona, Departamento de Infraestructuras del Transporte y Territorio, Universidad Politécnica de Cataluña.
- Hiernaux, Daniel y Alicia Lindón (2004), “La periferia: Voz y sentido en los estudios urbanos”, *Papeles de Población*, 10(42), pp. 101-123.
- Icimod, International Centre for Integrated Mountain Development (1999), *Integration of GIS, Remote Sensing and Ecological Methods for Biodiversity Inventory and Assessment*, Issues in Mountain Development 4/1999, Kathmandu, Nepal.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2010), *Censo de Población y Vivienda 2010*, México.
- Iracheta, Alfonso (2010), “El fenómeno metropolitano en México”, *Economía y Sociedad*, XIV(25), pp. 153-179.
- Kanemoto, Yoshitsugu y Reiji Kurima (2005), “Urban Employment Areas: Defining Japanese Metropolitan Areas and Constructing the Statistical Database for Them”, en A. Okabe, *GIS-Based Studies in the Humanities and Social Sciences*, Boca Raton, Taylor & Francis.
- Krugman, Paul (1991), “First Nature, Second Nature and Metropolitan

- Location", documento de trabajo 3740, National Bureau of Economic Research.
- Martí-Costa, Marc y Miquel Pybus (2013), "La participación en el urbanismo: Los planes de ordenación urbanística municipal en Cataluña", *Gestión y Análisis de Políticas Públicas*, 10 (julio-diciembre), pp. 19-32.
- Montgomery, Douglas, Elizabeth Peck y Geoffrey Vining (2006), *Introducción al análisis de regresión lineal*, México, CECsa.
- Negrete, María y Héctor Salazar (1986), "Zonas metropolitanas en México, 1980", *Estudios Demográficos y Urbanos*, 1(1), pp. 97-124.
- OMB, Office Management and Budget (2010), *Standards for Delineating Metropolitan and Micropolitan Statistical Areas*, Parte IV, núm. 123, Federal Register.
- Ortúzar, Juan de Dios y Luis Willumsen (2008), *Modelos de transporte*, Cantabria, Universidad de Cantabria.
- Puderer, Henry (2008), "Defining and Measuring Metropolitan Areas: A Comparison between Canada and the United States", *Geography Working Paper Series* 2008002.
- PNUMA, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Secretaría de Desarrollo Sustentable (Sedesu) y Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro (Concyteq) (2008), *Perspectivas del medio ambiente urbano: GEO Zona Metropolitana de Querétaro*, Querétaro, Concyteq.
- Real Academia Española (2001), *Diccionario de la lengua española*, 22^a edición, Madrid.
- Rebollo, Óscar (2012), "La transformación social urbana: La acción comunitaria en la ciudad globalizada", *Gestión y Política Pública*, volumen temático, pp. 159-186.
- Ribaud, Jacques (1981), *La ville heureuse*, París, Editions du Moniteur.
- Sassen, Saskia (2007), *Una sociología de la globalización*, Buenos Aires, Katz.
- ____ (2010), *Territorio, autoridad, derechos: De los ensamblajes medievales a los globales*, Buenos Aires, Katz.
- Sedesol, Secretaría de Desarrollo Social, Consejo Nacional de Población

- (Conapo) e Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2007), *Delimitación de las zonas metropolitanas de México 2005*, México.
- Sedesol, Conapo INEGI (2012), *Delimitación de las zonas metropolitanas de México 2010*, México.
- Senett, Richard (1979), *Les tyrannies de l'intimité*, París, Le Seuil.
- Sobrino, Jaime (1993), *Gobierno y administración metropolitana y regional*, México, Instituto Nacional de Administración Pública.
- _____ (2003), “Zonas metropolitanas de México en 2000: Conformación territorial y movilidad de la población ocupada (Parte A)”, *Estudios Demográficos y Urbanos*, 54, pp. 461-507.
- Song, Shunfeng (1992), “Monocentric and Polycentric Density Functions and their Required Commutes”, documento de trabajo UCTC 198, University of California Transportation Center.
- Souza, Eduardo (2010), “La zonificación de áreas metropolitanas en la contemporaneidad latinoamericana”, *Urbano*, 22 (octubre), pp. 78-86.
- Squires, Gregory (2002), *Urban Sprawl: Causes, Consequences and Policy Responses*, Washington, Urban Institute Press.
- Suárez, Manuel y Javier Delgado (2007), “La expansión urbana probable de la Ciudad de México: Un escenario pesimista y dos alternativas para el año 2020”, *Estudios Demográficos y Urbanos*, 22(1), pp. 101-142.
- Subirats, Joan (2005), *Perfils d'exclusió social urbana a Catalunya*, Barcelona, Servei de Publicacions de la UAB.
- Sudhira, Harish, Ramachandra, Tirupattur y Jagadish, Sahoo (2004), “Urban Sprawl: Metrics, Dynamics and Modelling Using GIS”, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 5(1), pp. 29-39.
- Sudhira, H.S., T.V. Ramachandraa y K.S. Jagadish (2004), “Urban Sprawl: Metrics, Dynamics and Modelling Using GIS”, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 5(1), pp. 29-39.
- Sultana, Selima y Joe Weber (2007), “Journey-to-work Patterns in the Age of Sprawl: Evidence from Two Midsize Southern Metropolitan Areas”, *The Professional Geographer*, 59(2), pp. 193-208.
- Unikel, Luis, Crescencio Ruiz y Gustavo Garza (1976), *El desarrollo urbano*

de México, México, Centro de Estudios Económicos y Demográficos, El Colegio de México.

Wilkinson, Richard y Kate Pickett (2009), *Desigualdad: Un análisis de la (in)felicidad colectiva*, Madrid, Turner.

Saúl Antonio Obregón-Biosca es maestro y doctor por la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC) e ingeniero por la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ). Actualmente labora como profesor-investigador de tiempo completo en la División de Investigación y Posgrado de la Facultad de Ingeniería de la UAQ, en donde colabora en el área de transporte de la Facultad de Ingeniería, en la licenciatura en ingeniería civil, la maestría en ingeniería de vías terrestres y el doctorado en ingeniería. Coordina la maestría en ingeniería de vías terrestres, transporte y logística y el Laboratorio de Estudios Viales y Movilidad. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores, nivel I. Su línea de investigación actual se ubica en la ingeniería de las redes de infraestructura del territorio, en dos ámbitos: las infraestructuras de transporte como elemento vertebrador del territorio, y movilidad metropolitana.

César Omar Bueno-Ortíz es maestro en ingeniería de vías terrestres por la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ) e ingeniero civil por la Universidad Autónoma de Zacatecas. Investigador en el Laboratorio de Estudios Viales y Movilidad de la División de Investigación y Posgrado de la Facultad de Ingeniería de la UAQ. Ha sido profesor en el Instituto Tecnológico de Zacatecas. Su línea de investigación actual se centra en la movilidad metropolitana.