

Artículos

Análisis espacial de las dinámicas de movilidad en la Zona Metropolitana de San Luis Potosí

Spatial analysis of the mobility dynamics in the Metropolitan Area of San Luis Potosí

Claudia N. Hernández Cerdá*

Alfredo Ávila Galarza**

Miguel Aguilar Robledo***

Valente Vázquez Solís****

Resumen

Este trabajo expone un análisis espacial de la movilidad cotidiana en la Zona Metropolitana de San Luis Potosí, cuyos patrones de desplazamiento de su población hasta ahora eran desconocidos. Con la implementación de una encuesta de movilidad y una matriz

* Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Programa Multidisciplinario de Posgrado en Ciencias Ambientales. Dirección: Dr. Manuel Nava 201, 78290, San Luis Potosí, SLP, México. Correo: nalleli.hernandez@uaslp.mx ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7978-4300>

** Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Facultad de Ingeniería. Dirección: Dr. Manuel Nava 8, 78290, San Luis Potosí, SLP, México. Correo: galarza@uaslp.mx. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0903-0428>

*** Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad de Ciencias Sociales y Humanidades. Dirección: Industrias 101-A, Fraccionamiento Talleres, 78399, San Luis Potosí, SLP, México. Correo: aguilarm@uaslp.mx ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8318-1083>

**** Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Facultad de Ciencias Sociales y Humanidades. México. Correo: vazquezsv@uaslp.mx ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8421-7201>

origen-destino, se observan las características de los viajes habituales de las personas y su distribución en el área de estudio. Los resultados reflejan las características de la movilidad, la concentración de viajes en ciertos puntos de la ciudad, la necesidad de tener más opciones de transporte, las limitantes en accesibilidad y conectividad, y las implicaciones socioambientales del esquema actual de movilidad.

Palabras clave: movilidad, encuesta, matriz origen-destino, México.

Abstract

This work presents a spatial analysis of daily mobility in the Metropolitan Area of San Luis Potosí, where the displacement patterns of its population are unknown. With the implementation of a mobility survey, and an origin-destination matrix, the characteristics of people's habitual trips and their flows in the studied area are observed. The results reflect the characteristics of mobility, the concentration of trips in certain parts of the city, the need for more transportation options, the limitations in accessibility and connectivity, and the social and environmental implications of the current mobility scheme.

Keywords: mobility, survey, origin-destination matrix, Mexico.

Introducción

La movilidad espacial de la población puede dividirse en dos tipos: 1) la migración, que es la modificación permanente o semipermanente del lugar de residencia; y 2) los desplazamientos cortos, repetitivos y cíclicos, que suponen una permanencia breve en un sitio destino y el retorno al lugar origen (Zelinsky, 1971). Casado (2008) argumenta que en la movilidad (migratoria o de distancias cortas) existen situaciones diversas, por lo que Kaufmann (2006) propone una diversificación conceptual: la migración, la movilidad residencial, la movilidad cotidiana y el viaje.

La movilidad cotidiana es la suma de desplazamientos realizados por la población de forma recurrente para acceder a bienes y ser-

vicios en un territorio determinado, en la que participan: 1) el viaje, como unidad de estudio; 2) el transporte, que es el medio que permite el desplazamiento; y 3) el territorio, donde se llevan a cabo los viajes, determinados por comportamientos grupales que conforman patrones o modelos de desplazamiento, apegados a los contextos social, espacial y temporal (Miralles, 2002; Gutiérrez, 2012).

La interacción entre la movilidad y el territorio es abordada principalmente por la geografía del transporte, disciplina que utiliza el enfoque casual en estudios de oferta y demanda, de infraestructuras y de flujos, para analizar los problemas de localización y la relación entre el espacio y las prácticas sociales (Miralles, 2002; Gutiérrez, 2012). Las herramientas comúnmente empleadas en dichos estudios son las encuestas y las matrices origen-destino (Salerno, 2012, p. 218).

Las encuestas de movilidad (incluidas las de origen-destino) son de utilidad para la obtención de información cuantitativa, pues permiten caracterizar los desplazamientos de la población móvil en un ámbito determinado, y analizar las relaciones territoriales que se establecen a partir de los orígenes y los destinos (Miralles, 2012, p. 38). El uso de éstas data de 1967, en Estados Unidos, para posteriormente implementarse en países de Europa, América y Asia, con el propósito de adquirir información y utilizarla en la planeación de políticas de movilidad y transporte (Violland, 2011).

En México la implementación de encuestas de movilidad es limitada debido a la dificultad (en tiempo y recursos) para realizarlas (Casado, 2008). Sólo en las urbes más grandes (Ciudad de México, Monterrey, Guadalajara y Puebla) se han instrumentado encuestas origen-destino (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI, 2018a). No obstante, en los últimos años ha prevalecido la necesidad de realizar estudios de movilidad, principalmente en las ciudades medias del país que presentan problemas de congestión vial, tráfico, deficiencia en el transporte público, inseguridad, exclusión social y contaminación atmosférica (Suárez y Delgado, 2015).

En esta investigación se presenta una metodología para el análisis espacial de la movilidad aplicada en la Zona Metropolitana de San Luis Potosí (ZMSLP), una ciudad media en la que se manifiestan fenómenos de expansión y fragmentación territorial, motorización,

tráfico, congestión y disposición de un transporte público limitado con deficiencias en su operación.

Las herramientas de investigación utilizadas fueron una encuesta de movilidad y una matriz origen-destino. Para la aplicación de la encuesta, se consideraron las sugerencias de Torgil (1998), Evans y Matur (2005), Díaz de Rada (2012) y Thakuriah et al. (2020) respecto a una distribución presencial y por internet, reduciendo así las limitantes de tiempo y de costo. Los resultados obtenidos determinaron las características de la movilidad cotidiana en el estudio de caso y en la dinámica espacial de los viajes.

Este trabajo se organiza de la siguiente manera: en el primer apartado se establece un marco de referencia sobre la utilidad de las encuestas en estudios de movilidad. Enseguida, se expone una revisión sobre la evolución de los estudios de movilidad en México, sus métodos de realización y su aplicación. Posteriormente, se describe la propuesta metodológica para realizar el análisis y las particularidades del estudio de caso seleccionado. Finalmente, se expone un análisis de los resultados obtenidos y se enuncian las conclusiones de la investigación.

1. Utilidad de las encuestas en el análisis de la movilidad

Las encuestas de movilidad se utilizan por su efectividad para recopilar información sobre las características de los viajes cotidianos de la población. El tipo de encuesta más utilizada es la de origen-destino (OD), que analiza los desplazamientos intraurbanos o intrametropolitano mediante la recopilación de datos del volumen y dirección de los flujos del transporte empleado, horarios, características sociodemográficas del encuestado y motivos de viaje. También permite examinar la relación entre la estructura urbana y los desplazamientos, establecer los vínculos entre las características sociodemográficas y la movilidad cotidiana, así como apoyar en la planeación de infraestructura vial y urbana (Casado, 2008, p. 3).

Molinero y Sánchez (2003) agregan que la encuesta OD recopila datos como el número de viajes, la ubicación de las áreas atractoras y generadoras de desplazamientos, la demanda potencial, atendida e

insatisfecha; además, predice las necesidades de desplazamiento y los comportamientos de las personas en el momento de realizar sus viajes. La información que la encuesta OD recopila es útil en la planeación de políticas de movilidad y de transporte, así como en el diseño de estrategias de ordenamiento.

Como ya dijimos, los primeros registros de encuestas de movilidad datan de 1967 en Estados Unidos, con la implementación de la Encuesta Nacional de Viajes por Carretera. En Europa en 1970, cuando comenzaron a integrarse formularios de movilidad en los censos de población de Cataluña, España. Más tarde, Suiza (1974), Dinamarca (1975) y los Países Bajos (1978) aplicaron encuestas de viajes. Enseguida, Alemania (1994), España (1996) y Bélgica (1999) incursionaron en la valoración de la movilidad de su población con métodos de aplicación de encuestas ampliados y complejos (Violland, 2011; Miralles, 2012).

En México las encuestas de movilidad comenzaron a concretarse en 1976, siendo Puebla la primera ciudad en realizar una encuesta OD. En 1983 el Distrito Federal y Monterrey también implementaron sus encuestas OD, y Guadalajara lo hizo en 1985. Otros países de Latinoamérica que empezaron a analizar la movilidad en sus ciudades principales fueron Colombia (1990) y Argentina (1993) (INEGI, 2018a, pp. 4-7).

En años recientes, Australia, Austria, Brasil, Canadá, Chile, Corea, Finlandia, Francia, Irlanda, Japón, Luxemburgo, Noruega, Nueva Zelanda y Reino Unido desarrollaron encuestas y bases de datos de movilidad que se actualizan con frecuencia (Violland, 2011). Las encuestas implementadas en dichos países permitieron obtener datos sobre las características sociodemográficas de su población, hábitos de desplazamiento y particularidades del transporte utilizado. Actualmente, algunas encuestas incorporan también parámetros ambientales, distinguen todas las prácticas de viaje (motorizada y no motorizada) e incluyen a los diversos grupos sociales (Miralles, 2012).

Según Torgil (1998), existen métodos distintos para la aplicación de encuestas. En el caso de la encuesta OD, pueden realizarse entrevistas en hogares y carretera, o por teléfono, correo postal e internet. Estas técnicas coinciden con la evolución de las encuestas usadas con fines de investigación que, de 1940 a 1970, optaban por una apli-

cación presencial o por correo postal; de 1970 a 1990 se realizaban de manera telefónica; y desde 1990 utilizan medios digitales (Szolnoki y Hoffmann, 2013, p. 57).

En los países mencionados, las encuestas de movilidad recurren al uso de métodos de aplicación en hogares y por teléfono debido a que se destinan a una muestra representativa de la población, permiten una precisión mayor en la captura de respuestas, y tienen niveles de sesgo mínimos. No obstante, Torgil (1998) argumenta que los procesos de implementación son largos, requieren habilidades técnicas específicas y un financiamiento vasto, además de que demandan un control de calidad.

Thakuria et al. (2020) señalan que actualmente la combinación de la investigación realizada mediante encuestas con otras alternativas de captura de datos (multimodo), abre posibilidades de explorar fenómenos urbanos complejos como el de la movilidad. Un ejemplo son las encuestas de viajes de hogares que utilizan un método CAPI (*computer assisted personal interviewing*) o similares, en donde los participantes llenan un formulario de sus viajes utilizando celulares inteligentes o dispositivos con sistemas de posicionamiento global.

Por ello, dadas las facilidades que ofrece el internet para la distribución de encuestas, los costos bajos en su implementación y la agilidad en la captación de respuestas, existe la posibilidad de incorporar encuestas autoadministradas (en línea) en los estudios de movilidad. Una particularidad de la encuesta autoadministrada es la ausencia de un entrevistador que lea las preguntas y anote las respuestas; estas acciones recaen en la persona que contesta el cuestionario.

A pesar de que la aplicación de encuestas por internet es reciente, su impacto en la investigación ha sido importante. Díaz de Rada (2012) señala como ventajas: 1) la rapidez, pues el tiempo de trabajo en campo se reduce; 2) la calidad en la información recogida, pues se pueden introducir elementos audiovisuales al cuestionario que faciliten la lectura y mejoren la respuesta; 3) la investigación tiene un costo menor, ya que no se requieren encuestadores, gastos de administración, ni la impresión y fotocopiado de los cuestionarios; y 4) la calidad en la contestación del cuestionario, pues ofrece tiempo para reflexionar las respuestas, no existe sesgo por la presencia del encuestador, y prevalece el anonimato para los entrevistados.

Entre las desventajas de las encuestas realizadas por internet se encuentran: la dificultad para hacer muestras representativas por la accesibilidad limitada de la población a dispositivos o a una conexión, lo que conlleva a un error de cobertura; y la poca aleatoriedad de las muestras, pues su distribución es directa hacia los entrevistados (Díaz de Rada, Domínguez y Pasadas del Amo, 2019). Ante este argumento, Scholl, Mulders y Drent (citados en Evans y Mathur, 2005) mencionan que, cuando la población tiene una cobertura amplia de acceso a internet, el inconveniente de representatividad en encuestas en línea disminuye.

2. Las encuestas de movilidad en México

De acuerdo con Casado (2008), Suárez y Delgado (2015) e INEGI (2018a), en México los estudios de movilidad que utilizan encuestas son aún limitados por la dificultad en tiempo y recursos para llevarlos a cabo. Se han realizado en la Ciudad de México (antes Distrito Federal) y sus municipios conurbados, así como en Puebla, Monterrey y Guadalajara. Y sólo en la Ciudad de México y sus áreas conurbadas, la encuesta OD ha sido aplicada con más frecuencia (1983, 1994, 2007 y 2017).

La implementación de las encuestas OD ha estado a cargo de organismos gubernamentales, como la Coordinación General de Transporte del Departamento del Distrito Federal, en 1983; pero también de organismos públicos autónomos como el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), que efectuó las encuestas en 1994 y 2007; y la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) que, en colaboración con el INEGI, efectuaron la Encuesta Origen Destino en Hogares de la Zona Metropolitana del Valle de México, en 2017.

Las versiones anteriores de las encuestas OD utilizaron el método de captación de entrevista directa. En la versión de 2017 la muestra seleccionada fue de 66 625 viviendas distribuidas en 12 352 manzanas, localizadas en 194 distritos pertenecientes a la Ciudad de México, Estado de México e Hidalgo. El cuestionario se aplicó mediante dispositivo móvil, con una tarjeta de viajes que capturó datos

de dos días (uno entre semana y el sábado). La duración del estudio fue de diez meses (INEGI, 2018b).

Los datos recopilados (sociodemográficos, hábitos de viajes, modos de transporte empleados, duración, tiempos y costos de desplazamiento) se concentraron en una base de datos de acceso público. Esta encuesta OD ha sido la única aplicada en el país por organismos públicos, y sus resultados son considerados en materia de planeación urbana y de transportes; además, sustentan otras investigaciones.

Otro estudio de escala mayor que utilizó una metodología similar, pero que llevó menos tiempo, fue la Encuesta Nacional de Movilidad, efectuada en 2014 por la UNAM. Se aplicaron cuestionarios a 1 200 individuos distribuidos en diferentes partes del país, con base en una muestra estratificada por región, localidad, áreas geoestadísticas básicas, manzanas y viviendas (Suárez y Delgado, 2015, p. 207). Los resultados incluyeron información socioeconómica de la población móvil, volumen de viajes cotidianos realizados, hábitos y formas de desplazamiento, así como algunos criterios de percepción (transporte, seguridad y calidad del aire).

Existen otros trabajos de movilidad en México desarrollados en el marco de la investigación específica (grupal o individual) que responden a objetivos particulares, con insumos acotados y aplicados a una muestra en un sitio de estudio específico. La mayoría de éstos se concentran en la Zona Metropolitana del Valle de México. Autores como Acuña y Graizbord (1999), Navarro y Guevara (2000), Aguilar (2004), Sobrino (2007), Suárez y Delgado (2007; 2010; 2015), Duhau y Giglia (2007), Graizbord (2008) y Suárez, Murata y Delgado (2015), han elaborado trabajos sobre las formas, dinámicas, flujos e impactos de los desplazamientos de la población en el territorio de esta megaciudad.

En ciudades medianas sólo se tiene documentada la investigación de Obregón y Betanzo (2015), que corresponde a la aplicación de una encuesta OD en la ciudad de Santiago de Querétaro, y cuyo método de aplicación fue similar al de la ZMVM, con un tiempo de duración de tres meses. La ausencia de más ejemplos puede deberse a la falta de información o a la dificultad para generarla. De acuerdo con Isunza (2017), en México un aspecto que imposibilita la gene-

ración de conocimiento sobre la movilidad es la carencia de información estadística de los desplazamientos, sus orígenes y destinos, así como sus características y motivos de viaje.

De ahí el interés de desarrollar más estudios que generen esta información. Una herramienta importante son las encuestas de movilidad, con costos y tiempos de elaboración menores, y aplicadas en entornos urbanos locales en crecimiento, en donde los problemas asociados a los desplazamientos de la población van en aumento.

3. Metodología para el análisis espacial de la movilidad en una ciudad media de México

En México existen 401 ciudades, de las cuales 74 son zonas metropolitanas que manifiestan tasas de crecimiento demográfico positivas y un aumento en su extensión territorial (Secretaría de Desarrollo Agrario Territorial y Urbano, Sedatu, 2018). Estas ciudades comparten los mismos problemas de movilidad, acordes a sus dimensiones físicas, demográficas y económicas, tales como: congestión vial, pérdida de tiempos de traslado, inseguridad, rechazo al transporte público por lento y peligroso, vulnerabilidad de la población de escasos recursos y de mujeres, así como poca accesibilidad a opciones de transporte (ONU Hábitat, 2015).

La mayoría de las zonas metropolitanas de México aún no cuentan con datos que reflejen los hábitos y formas de desplazamiento de su población. La información disponible tiene grados de desagregación diferentes, las variables contenidas en las estadísticas oficiales son insuficientes, el tiempo de realización es desigual, no tienen continuidad y los métodos de análisis varían (Suárez y Delgado, 2015; ONU-Hábitat, 2015; Isunza, 2017). Esto refleja la necesidad que tienen las ciudades medias mexicanas para generar su propia información sobre la movilidad de su población y utilizarla en la planeación urbana, de movilidad y de transporte.

3.1. Descripción metodológica

La encuesta de movilidad utilizada en esta investigación tuvo como objetivo principal compilar información de primera mano sobre los desplazamientos cotidianos de los habitantes de la Zona Metropolitana de San Luis Potosí, para después caracterizar la movilidad y su interacción con el territorio.

En los apartados anteriores se mencionan ejemplos de encuestas que utilizan el muestreo estratificado para aumentar el nivel de representatividad, concretamente las encuestas origen-destino. Sin embargo, esta investigación desarrolló una metodología simplificada para la implementación de una encuesta de movilidad individualizada a una muestra representativa de la población, disminuyendo los costos económicos, los tiempos de aplicación y el uso de recursos tanto humanos como materiales.

Para el cálculo de la muestra estadística se utilizó la fórmula de muestreo aleatorio simple: $(n = (N Z^2 pq) / d^2 (N-1) + (Z^2 pq))$, para la que se consideraron niveles de confianza (z) y de precisión (d) del 95%. La población móvil (N) obtenida fue de 984 617 personas con edades entre los 6 y 70 años (INEGI, 2017), y el tamaño de la muestra calculado fue de 384 individuos.

Para la elaboración del cuestionario se tomó como ejemplo la Encuesta Origen Destino en Hogares de la ZMVM. La encuesta se estructuró en cinco apartados y se organizó en treinta preguntas que permitieron recopilar: 1) la información general de las personas encuestadas (edad, sexo, ocupación, escolaridad, lugar de residencia); 2) el origen y destino de sus desplazamientos cotidianos principales; 3) los modos de transporte empleados; 4) los motivos, distancias y costos de sus trayectos; 5) la percepción sobre el servicio, seguridad e impacto ambiental del transporte que utilizan; y 6) las características de los vehículos particulares (automóvil y motocicleta), así como del autobús.

Para la implementación se consideraron los argumentos de Torgil (1998), Evans y Mathur (2005), Díaz de Rada, Domínguez y Pásadas del Amo (2019) y Thakuria et al. (2020), y se optó por utilizar un modo mixto de distribución de la encuesta: presencial y por internet. La viabilidad de adoptar el envío digital se determinó con base

en los datos proporcionados por el Instituto Federal de las Telecomunicaciones (IFT), que, en 2018, determinó que el 75% de la población del área metropolitana de San Luis Potosí de seis años y más, utilizan un teléfono móvil inteligente, y el 82% tiene acceso a internet (IFT, 2019, p. 20).

El formato de la encuesta presencial fue impreso; mientras que la distribuida por internet utilizó un formulario digital que permitió mejorar la distribución de preguntas y facilitó la captura de respuestas. En ambas versiones, el 76% de las interrogantes fueron cerradas con opción múltiple, y el 24% restante, abiertas (las cuales recopilaron la información general de los participantes).

Con el objeto de elaborar las bases de captura de información, realizar las pruebas estadísticas correspondientes, y validar la precisión y el tiempo de respuesta –entre otros detalles importantes que debieran considerarse antes de la aplicación general–, se implementó una encuesta piloto para cada modalidad (internet y presencial) a dos grupos de treinta personas cada uno.

Una vez comprobada la efectividad de los métodos se procedió a la aplicación. Para la encuesta presencial se utilizó el método de intercepción en diecisésis puntos de muestreo, que abarcaron el área principal de transferencia de transporte, además de algunas paradas de autobuses donde convergen las rutas más utilizadas, ubicados en el centro, surponiente y suroriente de la ciudad estudiada. Los perfiles de las personas encuestadas variaron en edad (niños, jóvenes, adultos, personas de la tercera edad) y sexo (hombres y mujeres). En esta modalidad la participación de las mujeres fue mayor (59%) que la de los hombres (41%).

Algunos problemas durante su aplicación fueron: 1) la dificultad de acceso a las personas y su disposición para responder la encuesta; 2) el abandono del llenado de la encuesta por cuestiones de tiempo del entrevistado; y 3) las inconsistencias en la lógica de respuesta sobre las características de los desplazamientos (distancias, tiempos de traslado, gasto de transporte, consumo de combustible).

Debido a que en este estudio sólo se analizaron los desplazamientos habituales y primordiales de las personas, las entrevistas se realizaron durante cinco días de la semana (lunes a viernes), en tres horarios distintos (de 8 a 10 horas, de 13 a 15 horas, y de 17 a 19 ho-

ras). La implementación de la encuesta presencial tomó más tiempo y permitió recopilar el 26% de las respuestas totales.

La distribución de la encuesta por internet tuvo un alcance mayor (74% de las respuestas), su envío fue ágil, disminuyeron los costos de operación, y la obtención de la información fue más rápida. Para su repartición se solicitó a instituciones académicas (secundaria, preparatoria y universidad) y a algunos grupos empresariales, enviar la encuesta a las direcciones electrónicas de las personas adscritas a su organización; además, se les pidió publicar el enlace del formulario en sus cuentas oficiales de redes sociales (Instagram, Facebook y WhatsApp).

Una vez recopilados los formularios, se elaboró una base con los datos y respuestas de los encuestados, con la finalidad de estructurar la información, identificar los lugares de residencia de los participantes en el área urbana, y descartar las encuestas no llenadas correctamente.

Finalmente se obtuvieron 1 604 encuestas, de las cuales 1 165 contenían la información necesaria para la investigación; este número superó a los 384 correspondientes a la muestra calculada, lo que permitió obtener más datos y mejorar el análisis de información.

Los lugares de residencia de los participantes se distribuyen en la totalidad del territorio de la Zona Metropolitana de San Luis Potosí (Cuadro 1); sin embargo, para efectos de alcanzar una representatividad mayor, hizo falta más participación de los habitantes de dos sectores urbanos (4 y 7), ubicados al norte y oeste de la ciudad.

Ambas versiones de la encuesta (digital y presencial) fueron aplicadas de manera simultánea durante: 1) septiembre a octubre de 2018; y 2) marzo a abril de 2019. Sin embargo, en la modalidad virtual la recopilación de respuestas se alcanzó en una semana, concentrándose en los primeros días el mayor número de éstas. Como desventajas para esta modalidad, se identificó que el 3% de los participantes abandonó la encuesta, así como la inconsistencia del 25% de las respuestas a preguntas abiertas.

Del total de encuestas aplicadas, 26% fueron en la modalidad presencial y 74% por internet. La participación fue mayor en mujeres (66%) que en hombres (34%); y los rangos de edades de los encuestados fueron principalmente: de 15 a 29 años (66%), de 30 a 44 años

Cuadro 1

Distribución de participantes de la encuesta de movilidad por sector urbano

<i>Sector urbano</i>	<i>Pob. por sector urbano</i>	<i>%</i>	<i>Participantes por sector urbano</i>	<i>%</i>
1. Centro	116 651	12	271	24
2. Lomas-Tangamanga	50 890	5	174	16
3. Morales-Industrial Aviación	121 601	13	135	12
4. Saucito Terceras	131 965	14	39	4
5. Satélite Progreso	240 868	25	286	26
6. Zona Industrial	16 334	2	13	1
7. Jardines de Oriente-Villa de Pozos	142 208	15	52	5
8. Soledad Norte	137 412	14	107	10
9. Soledad Sur				
10. La Loma-Horizontes-Pedregal	15 360	2	34	3

Fuente: Elaboración propia con información de H. Ayuntamiento de San Luis Potosí y H. Ayuntamiento de Soledad de Graciano Sánchez, 2007; e INEGI, 2015.

(19%) y de 45 a 59 años (10%). De estos tres grupos, 49% son estudiantes, 44% empleados, 5% emprendedores y 2% personas dedicadas al hogar. En menor proporción participaron la población infantil (4%) y los adultos mayores (2%).

Para analizar la distribución espacial de los desplazamientos se formuló una matriz origen-destino (OD). En su diseño se adoptaron las premisas seguidas en el desarrollo de modelos de planeación de transporte con enfoque clásico (Ortúzar y Román, 2003), y se adoptaron tres de las cuatro etapas sugeridas: 1) la generación, que identifica el número de viajes que se producen en cada una de las zonas en las que se divide el área de estudio; 2) la distribución zonal, que muestra el número de viajes y su distribución entre las zonas OD; y 3) la distribución modal, que identifica los viajes entre zonas, según el modo de transporte empleado (Ortúzar y Willumsen, 2008).

A pesar de que existen modelos de planeación de transporte actualizados, como los descritos por Juran et al. (2009), macroscópicos,

Cuadro 2

Diseño de la matriz origen-destino

	MD1	MD2	MDn	$\Sigma MO_{1,2,n}$
MO1	R_{OID_1}	R_{OID_2}	R_{OID_n}	$\Sigma MO1$
MO2	R_{O2D_1}	R_{O2D_2}	R_{O2D_n}	$\Sigma MO2$
MON	R_{OnD_1}	R_{OnD_2}	R_{OnD_n}	ΣMON
$\Sigma MD_{1,2,n}$	$\Sigma MD1$	$\Sigma MD2$	ΣMDn	$\Sigma(MO_{1,2,n}) = \Sigma(MD_{1,2,n})$
				$\Sigma(MD_{1,2,n}) = \Sigma(MO_{1,2,n})$

Fuente: Elaboración propia.

mesoscópicos y microscópicos, éstos sólo pueden configurarse cuando la información sobre las características de los desplazamientos y el uso del transporte es vasta y específica. Por lo tanto, cuando los datos disponibles son generalizados (como los obtenidos en esta investigación), se recomienda el uso de modelos con enfoque clásico.

Así, para la configuración de la matriz OD se consideraron los criterios funcionales sugeridos por Bocanegra (2005): 1) se definió el número de zonas en las que se divide el área de estudio (MO y MD); 2) se establecieron los enlaces de correlación entre zonas (producto de cada elemento de la fila O1 de la matriz MO por cada elemento de la fila D1 de la matriz MD); y 3) se sumaron las correlaciones entre matrices (ΣMON y ΣMDn) (Cuadro 2).

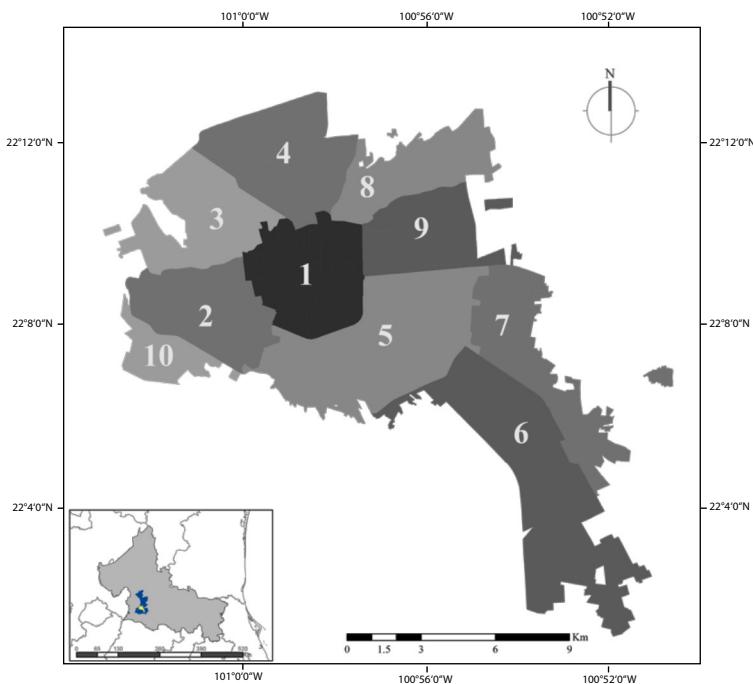
Además de la distribución modal, se generaron otras correlaciones para poder catalogar los flujos OD realizados por la población en el área de análisis, de acuerdo al sexo de la persona, al motivo de desplazamiento y al tiempo de duración del trayecto.

3.2. Descripción del estudio de caso

La Zona Metropolitana de San Luis Potosí se localiza en la región centro del estado del mismo nombre, y está integrada por la conurbación de dos municipios: San Luis Potosí (SLP) y Soledad de Graciano Sánchez (SGS), que, en conjunto, suman 1.13 millones de habi-

Mapa 1

Sectores urbanos de la ZMSLP



<i>Núm.</i>	<i>Nombre</i>
Sector 1	Centro
Sector 2	Lomas-Tangamanga
Sector 3	Morales-Industrial Aviación
Sector 4	Saucito-Terceras
Sector 5	Satélite-Progreso
Sector 6	Zona Industrial
Sector 7	Jardines de Oriente-Villa de Pozos
Sector 8	Soledad Norte
Sector 9	Soledad Sur
Sector 10	La Loma-Horizontes-Pedregal

Fuente: Elaboración propia con información del H. Ayuntamiento de San Luis Potosí y H. Ayuntamiento de Soledad de Graciano Sánchez, 2007; e INEGI, 2015.

tantes. El 73% de éstos reside en SLP y el 27% en SGS. El total de habitantes de la ZMSLP representa el 47% de la población total del estado (INEGI, 2017, p. 87).

Esta metrópoli es la undécima ciudad más grande del Sistema Urbano Nacional, con una superficie que, en 2019, superó las 20 mil hectáreas. Su crecimiento experimenta un fenómeno de expansión sin orden ni planeación, caracterizado por un modelo urbano difuso de densidad baja (47.25 hab./ha) (Gómez y Mesa, 2017). En el periodo de 1980 a 2019 su población se duplicó, mientras que su superficie se multiplicó por cinco (Instituto Municipal de Planeación, Implan, 2019, p. 14).

Según el Plan del Centro de Población Estratégico SLP-SGS (versión 2007), la mancha urbana de la ZMSLP se divide en nueve sectores. Para este estudio se agregó un décimo sector, pues en los últimos años la ciudad se ha extendido y ha rebasado la delimitación señalada, principalmente hacia el suroeste de la ciudad, donde el desarrollo inmobiliario y de equipamiento urbano ha sido importante (Mapa 1).

Los sectores urbanos 5, 7, 8 y 9 son los más poblados, lo que sugiere que en éstos se generan gran parte de los viajes cotidianos. Asimismo, en un análisis realizado sobre el equipamiento disponible en cada sector (hospitales, supermercados, bancos, hoteles, instituciones de educación básica y superior, centros comerciales y deportivos), se identificó que los sectores 1, 2 y 5 son los que concentran la mayor cantidad de equipamiento: 22, 17 y 16%, respectivamente.

4. Análisis espacial de la movilidad en la Zona Metropolitana de San Luis Potosí

La ZMSLP es una conurbación entre dos municipios que comparten la ciudad de San Luis Potosí; ésta tiene centralidades y jerarquías definidas que influyen en la atracción de los desplazamientos. Según la encuesta realizada, el 91% de los viajes diarios convergen en la ciudad central; es decir, no sólo los habitantes del municipio de SLP realizan sus actividades ahí mismo, sino que también se recibe a quienes viven en el municipio de SGS.

Los habitantes de la ZMSLP realizan, en promedio, 3.2 viajes al día (incluido el regreso a casa). Los motivos principales son: ir a trabajar (38%), ir a estudiar (36%) y volver a casa (14%). Es decir, existe una movilidad pendular que ocurre regularmente entre los sitios de residencia y los lugares de trabajo y estudio. En proporción menor, también se realizan desplazamientos por motivo de convivencia, deportivo o recreacional (3%), para realizar compras (3%), y para llevar o recoger a alguna persona (3%).

4.1. Forma urbana, una condicionante de la movilidad

El crecimiento que la ZMSLP ha experimentado en el tiempo, empaña con el modelo de interpretación de ciudad fragmentada expuesto por Báhr y Mertins (citado en Bravo, 2011, p. 90): 1) tiene una estructura antigua de anillos concéntricos, característicos de la ciudad novohispana, con un centro y uso mixto de suelo; 2) cuenta con una estructura moderna sectorial promovida por la suburbanización de grupos sociales de nivel alto, que siguió la dirección de las áreas comerciales al oeste, sur y sureste; y en sentido opuesto, la concentración de población de ingresos bajos; y 3) una estructura celular en la periferia, compuesta por asentamientos informales y barrios cerrados para poblaciones de recursos medios y bajos, principalmente al norte, sur, noreste y sureste de la zona metropolitana (Mapa 2).

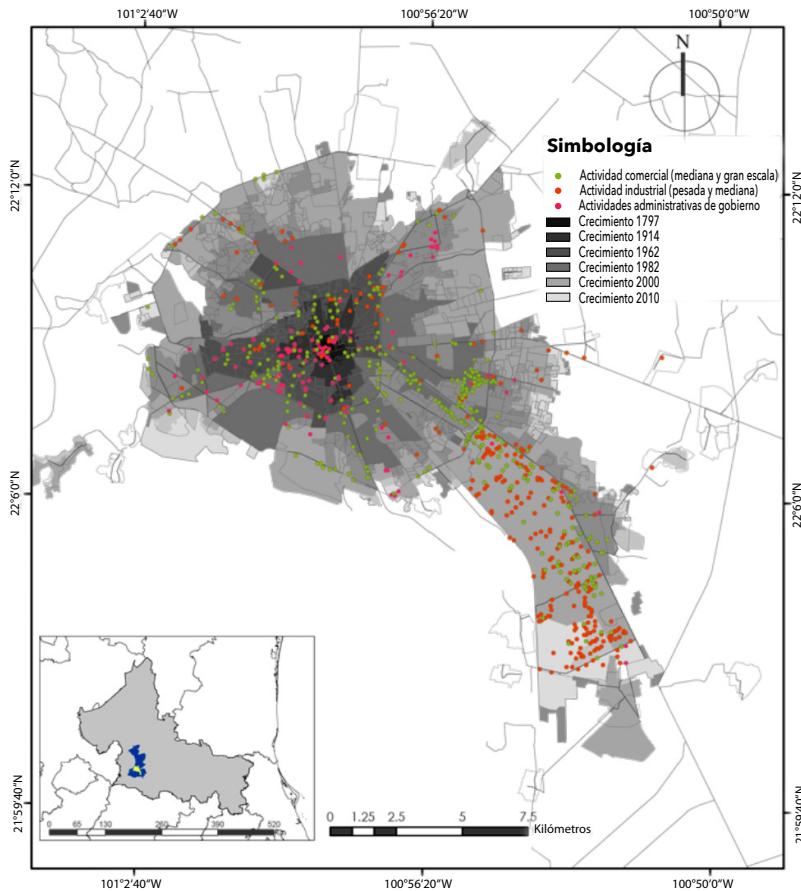
El trazo de vialidades obedeció a la expansión radioconcentrica y a la configuración espacial, uniendo el centro con otras áreas comerciales, de servicios e industriales ubicadas al oeste, sureste y suroeste de la ZMSLP (Mapa 2).

Al modelo urbano actual se suma el uso monofuncional del suelo, pues las actividades industriales, de comercio y/o servicios están separadas del uso residencial, lo que provoca un desequilibrio en la disponibilidad de equipamiento y una falta de conectividad y de accesibilidad.

De esta manera, la dinámica espacial de la movilidad cotidiana está condicionada por la morfología, estructura y configuración de la ZMSLP. Este supuesto fue corroborado con el análisis de los 1 165 viajes, utilizando una matriz origen-destino. Para su realización, se segmentó la ciudad en sectores (Mapa 1) con objeto de conocer el

Mapa 2

Evolución urbana de la ZMSLP (1797-2010) y localización de actividades económicas



Fuente: Elaboración propia con información de INEGI, 2010 y 2019b.

número de viajes que se inician y terminan en cada uno. Se consideraron diez sectores y se agregó uno más para contabilizar los viajes fuera de la zona urbana (Cuadro 3). Cada celda muestra la cantidad de desplazamientos realizados desde el sector origen (fila) hasta el sector destino (columna).

El flujo de los desplazamientos cotidianos de la población establece que los lugares en donde se inician la mayor cantidad de viajes corresponden a los sectores: 5, Satélite-Progreso (25%); 1, Centro de la ciudad (23%); 2, Lomas-Tangamanga (15%); y 3, Morales-Industrial Aviación (12%). Esto coincide con el hecho de que dichos sectores concentran más población. En los sectores 8 y 9, que corresponden a la conurbación de SGS, se inicia el 10% de los desplazamientos (Mapa 3A).

Los viajes destino se dirigen hacia cuatro puntos específicos de la ciudad: el sector 2, Lomas-Tangamanga (36%); el 1, Centro de la ciudad (23%); y el 5, Satélite-Progreso (18%) (Mapa 3B), que concentran el 62% del equipamiento total destinado a salud, educación, comercio, servicios, deporte y ocio. El sector 6, Zona Industrial, tiene el 7% de los viajes destino ya que es un área a la que las personas acuden a trabajar.

4.2. Transporte

La ZMSLP debe dar solución a la demanda de 3.1 millones de viajes diarios, lo que implica requerimientos de transporte y de movimiento. No obstante, la oferta de transporte es limitada: autobús, taxi, Uber (servicio de vehículo por aplicación), transporte de personal (hacia la zona industrial), automóvil particular, motocicleta, bicicleta y caminar.

Para desplazarse, 46% de las personas utilizan el autobús (única opción pública colectiva); 42% lo hace en automóvil particular; 6% camina; 2% utiliza Uber; 2% usa taxi; 1% se mueve en bicicleta; y 1% en motocicleta.

Esto indica que la movilidad cotidiana en la ZMSLP es cautiva del transporte público (que se caracteriza por ser irregular e insuficiente) y del automóvil particular (cuya densidad va aumentando).

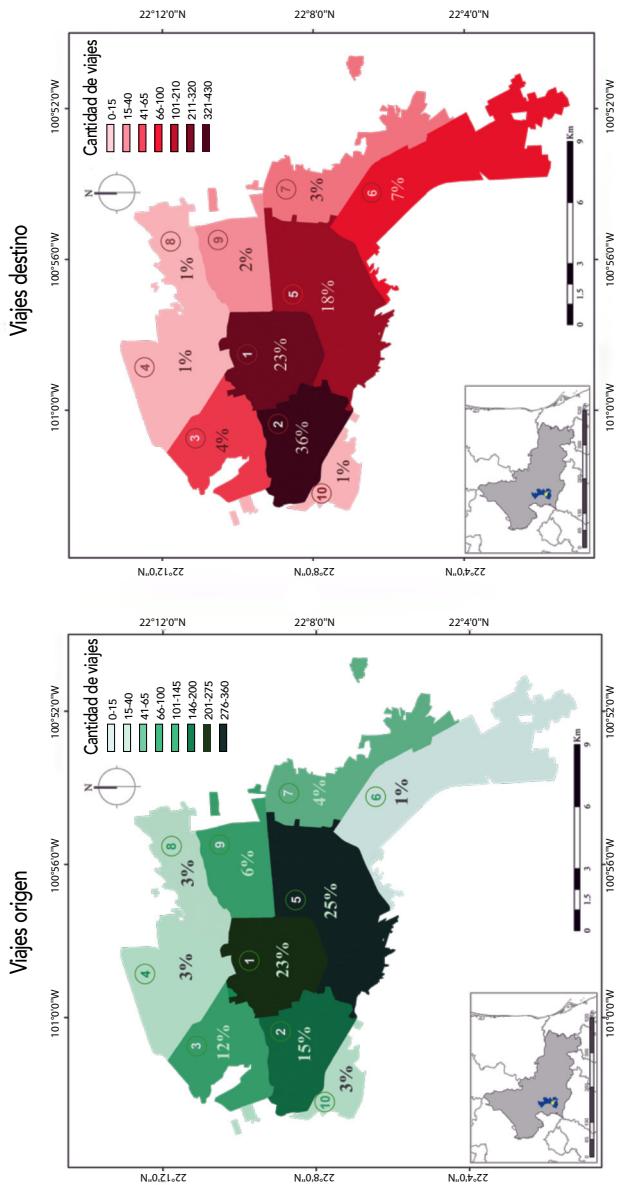
Cuadro 3
Matriz OD para la ZMSLP

		Sectores destino ZMSLP											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	V(O)
		1	69	95	11	3	51	14	8	1	8	4	7
1	69	95	11	3	51	14	8	1	8	4	7	7	271
2	43	76	13	2	17	9	2	2	3	4	3	3	174
3	32	57	9	0	19	13	2	0	1	1	1	1	135
4	10	16	1	1	7	2	0	0	1	1	1	0	39
5	63	72	14	4	78	22	15	4	7	3	4	4	286
6	7	2	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	13
7	7	15	0	2	15	8	3	0	2	0	0	0	52
8	6	18	1	0	4	2	0	1	3	1	4	4	40
9	19	32	0	1	8	4	1	1	1	0	0	0	67
10	5	20	2	0	3	2	0	0	0	0	0	2	34
II	12	15	0	1	1	1	0	1	1	0	22	54	
V(D)	273	418	51	14	206	78	31	10	27	14	43	1165	
													1165

Sectores origen ZMSLP

Fuente: Elaboración propia a partir de Martínez, 2020.

Mapa 3
 Distribución de los desplazamientos origen-destino en la ZMSLP por sector urbano:
 viajes origen y viajes destino



Fuente: Elaboración propia.

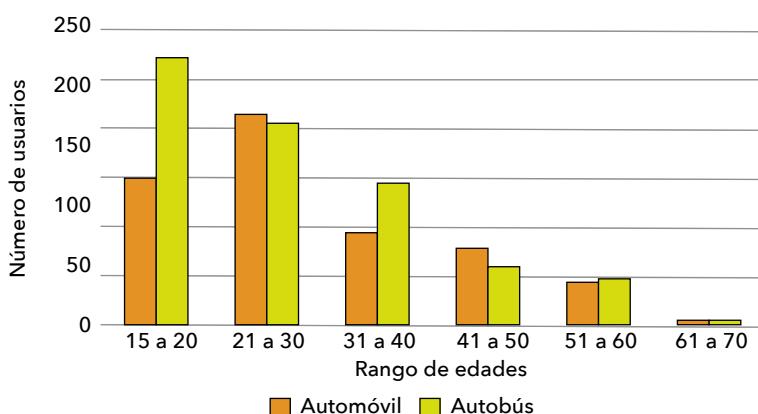
De acuerdo con Steg y Gifford (2005), la preferencia por el automóvil se debe a las ganancias a corto plazo (comodidad, seguridad y agilidad), a costa de las pérdidas a largo plazo (emisiones, contaminación, calentamiento global).

Los usuarios del autobús tienen edades de 20 a 30 años (65%), mientras los del automóvil tienen entre 20 y 50 años (66%) (Gráfica 1). Hombres y mujeres utilizan ambas modalidades de transporte de manera similar. Las mujeres ocupan el automóvil para el 55% de sus viajes, mientras que los hombres para el 45% de éstos. Por lo que se refiere al autobús, las mujeres lo utilizan más (57%) que los hombres (47%).

Los tiempos de traslado difieren según el transporte empleado. El 37% de los desplazamientos duran de 16 a 30 minutos; el 29%, de 5 a 15 minutos; el 18%, de 31 a 45 minutos; el 8%, de 46 a 60 minutos; y 8% superan los 60 minutos. Los trayectos que duran menos tiempo se realizan en automóvil y bicicleta (5 a 30 minutos), mientras que los de mayor duración son en autobús (16 a 60 minutos o más).

Gráfica 1

Distribución por edad de los usuarios del transporte público y del camión de pasajeros en la ZMSLP



Fuente: Elaboración propia.

El tiempo de traslado está relacionado con la distancia del recorrido. En este sentido, las distancias de los desplazamientos son generalmente cortas: el 50% se desplaza de 1 a 5 km; el 37%, de 6 a 10 km; y el 12%, de 10 a 20 km. Los habitantes de la periferia y del norte de la ciudad registraron distancias y tiempos de recorridos mayores, pues no tienen acceso directo a ciertos servicios.

A pesar de las distancias cortas (1 a 10 km), los habitantes de la ZMSLP diariamente se enfrentan al desafío de la deficiencia del transporte. Los usuarios del autobús sufren la insuficiencia de unidades (en horas pico), así como rutas largas que incrementan el tiempo de traslado; y los usuarios del automóvil particular padecen de calles congestionadas que alargan la duración de su trayecto.

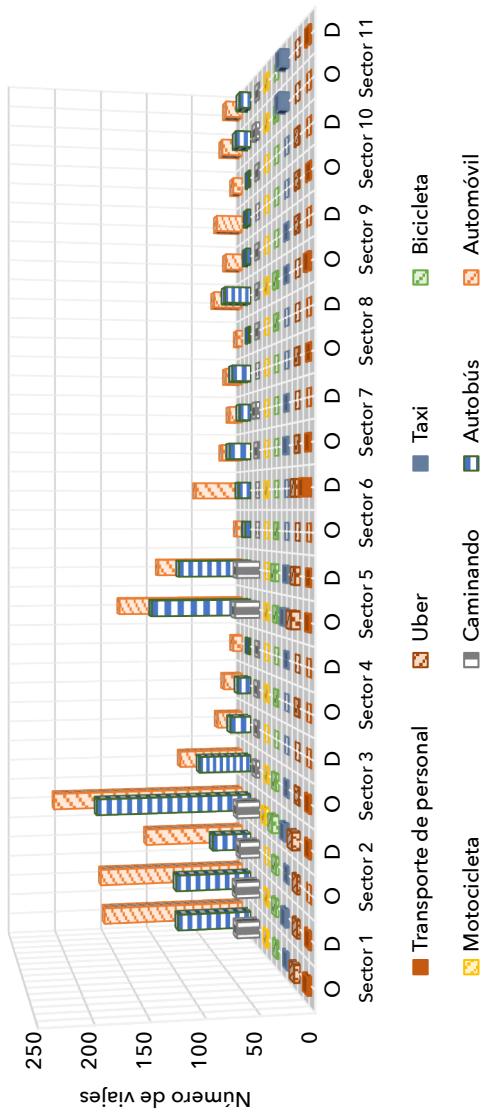
La distribución de los viajes por modo de transporte tiene un comportamiento diferente entre sectores urbanos (Gráfica 2). Al sector 2, Lomas-Tangamanga, llegan más viajes de los que se originan; por ejemplo, los desplazamientos en automóvil que arriban son el doble (34%) de los que ahí se generan (17%); mientras que los viajes que llegan en autobús son tres veces más (38%) de los que ahí se iniciaran (11%). El sector 1, Centro, mantiene un flujo constante de desplazamientos, pues en éste se originan y concluyen aproximadamente la misma cantidad de viajes (23%, respectivamente). El sector 6, Zona Industrial, por su función, tiende a ser un punto destino, ya que en él concluyen el 8% de los viajes en automóvil y el 6% en autobús.

El arribo de más viajes de los que se originan en ciertos sectores de la ciudad sugiere la presencia de problemas de congestión, particularmente en el centro, surponiente y suroriente de la ciudad, así como la saturación de las avenidas principales que conectan dichos puntos.

Un dato relevante sobre los desplazamientos que se realizan desde y hacia afuera de la mancha urbana (9%) es que el 69% se efectúan en autobús, lo que abre una posible línea de estudio sobre este tipo de movilidad que valide la necesidad de transporte suburbano en localidades o municipios hacia los que se está extendiendo la ZMSLP.

La matriz OD también permitió conocer la distribución de viajes según el motivo. Para ir a trabajar, la población se dirige principalmente hacia los sectores 1, 2, 5 y 6. Para ir a estudiar, se dirigen hacia

Gráfica 2
Matriz OD según modo de transporte en la ZMSLP



Fuente: Elaboración propia.

los sectores 2, 5 y 1 que concentran la mayor cantidad de infraestructura educativa, entre la que se incluye a los campus universitarios.

Para convivir o realizar actividades recreativas, las personas se dirigen principalmente a los sectores 1, 2 y 3, donde se ubican los principales comercios, supermercados, centros comerciales, parques públicos y clubes deportivos. De los anteriores, el centro de la ciudad es el destino principal para realizar compras. Para el regreso a casa, las personas se dirigen hacia los sectores 1, 3, 5 y 7, que concentran más población.

4.3. La motorización en la Zona Metropolitana de San Luis Potosí

El fenómeno de expansión de la ZMSLP ha incrementado la demanda de transporte urbano, ante la oferta escasa, calidad y servicio inefficiente del transporte público. Los habitantes de la ciudad observan en el transporte privado, principalmente el automóvil, una opción rápida, segura y eficiente para su movilidad.

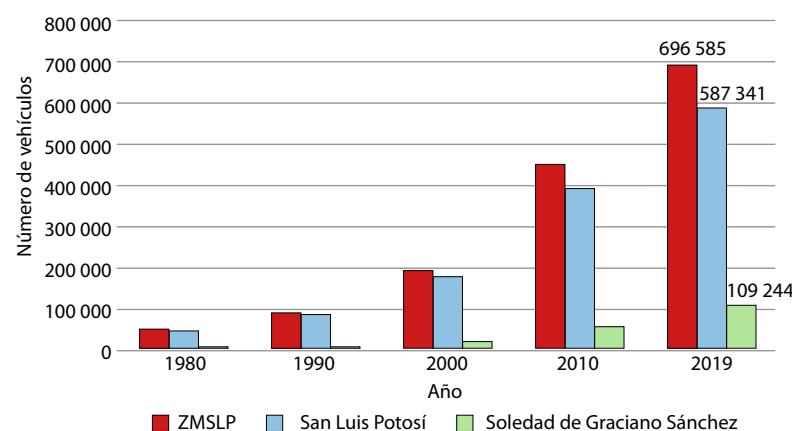
En los últimos treinta años, en la ZMSLP el número de los vehículos automotores se multiplicó por seis (Gráfica 3). Actualmente circulan 696 585 vehículos, de los cuales 65% son automóviles, 20% camiones y camionetas de carga, 15% motocicletas, y sólo 0.4% son autobuses (INEGI, 2019a). La tasa de motorización local es de 614 vehículos por cada mil habitantes, cifra superior a la media nacional (422).

En la ciudad existe la supremacía del automóvil sobre el transporte público, lo que ha provocado la construcción de más vialidades, puentes, pasos a desnivel y adhesión de más brazos al distribuidor vial principal de la ZMSLP. Este tráfico inducido ha traído consecuencias negativas a la ciudad y a la población: caos vial, congestionamientos cada vez más prolongados en tiempo y espacio, además de contaminación atmosférica y acústica.

La inversión en infraestructura y vialidad para el transporte público ha sido menor. En la ciudad circulan 3 097 autobuses. De acuerdo con el criterio establecido por Chías (1995) (un autobús por cada 800 habitantes), la ZMSLP tiene una disponibilidad de autobuses su-

Gráfica 3

Número de vehículos registrados en circulación en la ZMSLP (1980-2019)



Fuente: Elaboración propia con información de INEGI, 2019: vehículos de motor registrados en circulación por entidad federativa y por municipio (1980-2019).

ficientes para su población; no obstante, no se cuenta con estaciones de transferencia y de transbordo con infraestructura adecuada, y los parabuses son insuficientes.

4.4. Percepción sobre los modos de transporte

Conocer la percepción de las personas sobre las formas de sus desplazamientos permite identificar la dinámica de los usos, hábitos y problemas del transporte en un sitio de estudio. Por esta razón, en la encuesta implementada se incluyó una sección en la que los usuarios evaluaron los modos de transporte que utilizan, considerando los criterios de rapidez, seguridad, comodidad, tiempo y costo. En una escala de uno a diez, los resultados fueron los siguientes: *a*) automóvil, Uber y motocicleta obtuvieron ocho; *b*) bicicleta y caminar, siete; *c*) transporte de personal y taxi, seis; y *d*) autobús, cinco.

Esto muestra que el autobús es el modo más utilizado, pero es el peor evaluado, e indica que su uso no es por elección, sino porque es la opción más barata o la única disponible para muchas personas. Los aspectos a mejorar fueron: seguridad y operación de las unidades (21%), limpieza (18%), regular la frecuencia de paso y aumentar el número de autobuses (17%), así como mejorar el trato de conductores hacia los pasajeros (12%).

El análisis del grado de satisfacción de la población respecto a las opciones de transporte disponibles señala que el 88% estaría dispuesto a cambiar a un tipo de transporte distinto al que utiliza habitualmente. Su primera opción sería la bicicleta (30%), si existiera la seguridad vial para su uso. La segunda, el automóvil particular (27%); y la tercera, el transporte público (27%), si se mejora la calidad de su servicio.

Esto sugiere la necesidad de la población de contar con más opciones de transporte; y también abre la oportunidad para que las políticas futuras de planeación y financiamiento del transporte centren su atención en la incorporación de más alternativas públicas colectivas y no motorizadas. La población reconoce que en la ZMSLP pueden incorporarse: la bicicleta y ciclovías (43%), el tranvía (36%), los autobuses de tránsito rápido (BTR, por sus siglas en inglés) (35%) y el trolebús (15%).

La inseguridad durante los desplazamientos es otra inquietud de los habitantes de la ZMSLP. El 58% indicó haber tenido un accidente: choque (53%) y falla mecánica (43%). Mientras que los usuarios del camión de pasajeros han sido víctimas de delitos como: robo (58%), acoso sexual (26%) –en el caso de las mujeres– y asalto (15%).

Por último, se debe recordar que el transporte motorizado genera emisiones contaminantes a la atmósfera. En México el transporte contribuye con el 25% del total de emisiones de gases de efecto invernadero, y de éste, el 23% deriva del autotransporte (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, INECC, 2015). Por ello, otro aspecto a evaluar fue la percepción sobre la contaminación que produce el transporte que se utiliza.

El análisis de las encuestas mostró que el 21% de las personas creen que el transporte que usan es muy contaminante; el 28%, que contamina medianamente; y el 46%, que contamina poco. Además,

al cuestionar a las personas sobre la percepción de la calidad del aire en la ZMSLP, el 57% cree que el aire está ligeramente contaminado, y sólo el 33% considera que está muy contaminado (principalmente usuarios de autobús, bicicleta y quienes caminan).

4.5. Los desafíos para la movilidad en la ZMSLP

Los resultados obtenidos con la encuesta de movilidad y con la matriz origen-destino exponen la inviabilidad del modelo de movilidad de la ZMSLP. Por un lado, su crecimiento, morfología y configuración son condicionantes importantes en la dinámica espacial de los desplazamientos; y por el otro, se manifiesta una función y operación insuficiente del transporte, cuyas modalidades son pocas y se ven superadas ante el aumento de viajes cotidianos, la saturación vial, la insuficiencia de infraestructura, la inseguridad y las emisiones contaminantes.

El uso poco intensivo del suelo urbano y la localización diferenciada de las actividades laborales y de servicios en el territorio, provocan una dinámica espacial desequilibrada de viajes. Esto vislumbra la falta de accesibilidad que tienen las personas que viven en el norte de la ciudad y en sus periferias, quienes recorren distancias largas y tiempos de traslado mayores para ir a trabajar, estudiar o adquirir un bien o servicio.

La falta de accesibilidad a servicios y transporte ha fomentado el uso excesivo del automóvil que, a su vez, está causando congestión, tráfico y accidentalidad. Además, provoca costos económicos para la ciudad y efectos sociales como discriminación, segregación y exclusión, ya que la red vial está diseñada para la circulación en automóvil, lo que deja en desventaja a quienes no poseen un vehículo. Asimismo, la contaminación ha disminuido la calidad del aire, lo que afecta la salud física de los habitantes.

La población móvil de la ZMSLP es joven, y por las características de sus viajes, existe la posibilidad de incorporar alternativas de transporte público y no motorizadas que reduzcan el uso del automóvil. La construcción de ciclovías es un interés generalizado, pues las personas ven en la bicicleta una opción viable para su movilidad, si

se les provee de infraestructura y de condiciones para una circulación segura.

La ZMSLP requiere planear e implementar una estrategia para garantizar una movilidad integrada pues, como lo afirma Isunza (2017), es una herramienta valiosa de política pública para reducir las desigualdades sociales y alcanzar la sostenibilidad urbana. Para comenzar a planear la movilidad, las autoridades deben generar fuentes de información estadística sobre las formas, características y dinámicas de los desplazamientos de su población para atender: 1) las necesidades específicas de cada grupo social; 2) la cobertura y calidad necesarias del transporte público; 3) la seguridad vial y pública; y 4) la distribución de equipamiento para proporcionar servicios varios, con un uso de suelo multifuncional que disminuya las necesidades de viajes.

En la escala municipal, San Luis Potosí cuenta con un Programa de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano en el que la movilidad está implícita, pero sus estrategias a implementar no son claras. En la escala metropolitana no se identifican marcos normativos o regulatorios, ni políticas de planeación territorial o de movilidad urbana que atiendan las necesidades de desplazamiento y de transporte, por lo que los retos a enfrentar aún son de índole político, administrativo, social y técnico.

Conclusión

En este artículo se presentó una metodología para el análisis espacial de la movilidad en la Zona Metropolitana de San Luis Potosí, una ciudad de talla media en México donde los datos sobre los desplazamientos de su población y los flujos en el territorio urbano son limitados. Esta propuesta utilizó como herramientas de estudio una encuesta de movilidad y una matriz origen-destino. La encuesta tuvo una variante en el método de aplicación que permitió ventajas en costo y en tiempo para la obtención de la información.

Los resultados obtenidos permitieron definir las formas y dinámicas de los desplazamientos cotidianos de la población en el área de estudio, así como los retos que se enfrentan en temas de accesibili-

dad (oferta de movilidad), ampliación y distribución de la infraestructura urbana, incorporación de más opciones de transporte y mejora de la conectividad entre sectores de la ciudad. Al no atenderse dichos retos, seguirán aumentando los problemas de segregación, congestión vial y contaminación atmosférica.

Para este análisis se consideraron sólo los viajes cotidianos de la población, por lo que, para contribuciones futuras, se sugiere: 1) analizar la cadena de viajes intermedios y sucesivos a los cotidianos; 2) estudiar las características de la movilidad de los grupos sociales más vulnerables localizados al norte (sector 4) y en la periferia sur de la ciudad, donde existen polígonos de alta y muy alta marginación; y 3) implementar una encuesta origen-destino utilizando un muestreo estratificado, como lo sugieren Obregón y Betanzo (2015), Suárez y Delgado (2015) e INEGI (2018b).

Finalmente, la metodología expuesta es de utilidad para los estudios de movilidad experimental en ciudades donde la producción de datos dista de ser abundante. Los resultados que deriven de su aplicación pueden compararse con otros estudios de movilidad, pero también pueden respaldar las políticas de planeación de movilidad y transporte de una ciudad.

Bibliografía

- Acuña, B. y Graizbord, B. (1999). Movilidad cotidiana de trabajadores en el ámbito megalopolitano de la Ciudad de México. En J. Delgado y B. R. Ramírez (coords.), *Transiciones. La nueva formación territorial de la Ciudad de México* (pp. 195-205). Ciudad de México: UAM / Plaza y Valdés.
- Aguilar, A. (2004). Articulación territorial y movilidad laboral en la periferia regional de la Ciudad de México. *Perspectiva Geográfica, 10*, 85-107.
- Bocanegra, H. L. (2005). *Estimación de una matriz origen-destino a partir de aforos vehiculares*. (Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ingeniería Civil, Monterrey, México). <http://eprints.uanl.mx/6807/1/1080126963.PDF>
- Bravo, E. (2011). Fragmentación territorial en la funcionalidad del

- transporte. En P. Lina, I. G. Romero y E. Bravo (eds.), *Transporte urbano, movilidad cotidiana y ambiente en el modelo de ciudad sostenible: bases conceptuales* (pp. 84-110). Madrid: Plaza y Valdés.
- Casado, J. M. (2008). Estudios sobre movilidad cotidiana en México. *Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, 12(273). <http://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-273.htm>
- Chías, L. (1995). Perspectiva geográfico-nacional del transporte en las principales ciudades de México. En L. Chías (coord.), *El transporte metropolitano hoy* (pp. 117-131). Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Díaz de Rada, I. V. (2012). Ventajas e inconvenientes de la encuesta por internet. *Papers*, 97(1), 193-223. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3846220>
- Díaz de Rada, I. V., Domínguez Álvarez, J. A. y Pasadas del Amo, S. (2019). *Internet como modo de administración de encuestas*. (Cuadernos Metodológicos, núm. 59). Madrid: Centro de Investigaciones Sociológicas.
- Duhau, E. y Giglia, A. (2007). Nuevas centralidades y prácticas de consumo en la Ciudad de México: del microcomercio al hipermercado. *Eure, Revista Latinoamericana de Estudios Regionales*, 33(98), 77-95. <https://scielo.conicyt.cl/pdf/eure/v33n98/art05.pdf>
- Evans, J. y Mathur, A. (2005). The value of online surveys. *Internet Research*, 15(2), 195-219. <https://doi.org/10.1108/10662240510590360>
- Gómez, J. y Mesa, A. (2017). Determinación de densidades urbanas sostenibles en base a metodología relativa al acceso solar: caso área metropolitana de Mendoza, Argentina. *Revista de Urbanismo*, 36, 131-145. <https://revistaurbanismo.uchile.cl/index.php/RU/article/view/44367/48347>
- Gutiérrez, A. (2012). ¿Qué es la movilidad? Elementos para (re) construir las definiciones básicas del campo del transporte. *Bitácora Urbano Territorial*, 21(2), 61-74. <https://www.redalyc.org/articulo.ox?id=74826255011>
- Gutiérrez, J. A., Ruíz, E. E., Jaraíz, F. J. y Pérez, J. M. (2012). *Propuesta metodológica para diseñar modelos urbanos de trans-*

- porte que gestionen planes de movilidad urbana sostenibles en ciudades medias. Aplicación al caso extremeño de Mérida.* Ponencia presentada en el XV Congreso Nacional de Tecnologías de Información Geográfica, Madrid, España.
- Graizbord, B. (2008). *Geografía del transporte en el área metropolitana de la Ciudad de México.* Ciudad de México: El Colegio de México, A.C.
- H. Ayuntamiento de San Luis Potosí y H. Ayuntamiento de Soledad de Graciano Sánchez (2007). *Modificación específica del Plan del Centro de Población Estratégico de San Luis Potosí-Soledad de Graciano Sánchez.* San Luis Potosí, SLP. México. https://sanluis.implan.gob.mx/wp-content/uploads/2019/04/PCPE_SLP-SGS.pdf
- Instituto Federal de Telecomunicaciones (2019). *Uso de las TIC y actividades por internet en México: impacto de las características sociodemográficas de la población.* Ciudad de México: IFT. <http://www.ift.org.mx/sites/default/files/contenidogeneral/estadisticas/usodeinternetenmexico.pdf>
- Instituto Municipal de Planeación. (2019). *Programa Municipal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano de San Luis Potosí.* San Luis Potosí, México: Implan.
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. (2015). *Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 2015.* Ciudad de México: INECC.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2010). *Espacio y datos de México.* Aguascalientes, México: INEGI. <https://www.inegi.org.mx/app/mapa/espacioydatos/>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2015). *Inventario Nacional de Viviendas 2015.* Aguascalientes, México: INEGI. <https://www.inegi.org.mx/app/mapa/espacioydatos/?app=inv>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2017). *Anuario estadístico y geográfico de San Luis Potosí.* México: INEGI. https://datatur.sectur.gob.mx/ITxER_Docs/SLP_ANUARIO_PDF.pdf
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2018a). *Encuesta Origen Destino en Hogares de la Zona Metropolitana del Valle de México 2017. Diseño conceptual.* México: INEGI. <https://www.inegi.org.mx/programas/eod/2017/>

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2018b). *Encuesta Origen Destino en Hogares de la Zona Metropolitana del Valle de México 2017. Documento metodológico*. México: INEGI. <https://www.inegi.org.mx/programas/eod/2017/>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2019a). *Estadísticas de vehículos de motor registrados en circulación (1980-2019)*. INEGI. https://www.inegi.org.mx/sistemas/olap/proyectos/bd/continuas/transporte/vehiculos.asp?s=est&c=13158&proy=vmrc_vehiculos
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2019b). *Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENU)*. Aguascalientes, México: INEGI. <https://www.inegi.org.mx/app/mapa/denu/default.aspx>
- Isunza, G. (2017). *La movilidad urbana: dimensiones y desafíos*. Ciudad de México: Colofón.
- Juran, I., Prashker, J. N., Bekhor, S. e Ishai, I. (2009). A dynamic traffic assignment model for the assessment of moving bottlenecks. *Transportation Research, Part C: Emerging Technologies*, 17(3), 240-258. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2008.10.003>
- Kaufmann, V. (2006). Motilité, latence de mobilité et modes de vie urbains. En M. Bonnet y P. Aubertel (eds.), *La ville aux limites de la mobilité* (pp. 223-233). París: Presses Universitaires de France.
- Martínez, L. P. (2020). *Movilidad cotidiana, desplazamientos origen-destino y efectos urbano-ambientales en la Zona Metropolitana de San Luis Potosí*. (Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, San Luis Potosí).
- Miralles Guasch, C. (2002). *Ciudad y transporte. El binomio imperfecto*. Barcelona: Ariel Geografía.
- Miralles Guasch, C. (2012). Las encuestas de movilidad y los referentes ambientales de los transportes. *Eure, Revista de Estudios Urbano Regionales*, 38(115), 33-45. <https://scielo.conicyt.cl/pdf/eure/v38n115/art02.pdf>
- Molinero, Á. y Sánchez, L. I. (2003). *Transporte público: planeación, diseño, operación y administración*. México: Universidad Autónoma del Estado de México.
- Navarro, B. y Guevara, I. (2000). *Área metropolitana de la Ciudad*

- de México. Prácticas de desplazamiento y horarios laborales.* Ciudad de México: UAM Xochimilco / UNAM / Instituto Tecnológico de Massachussets.
- Obregón, S. A. y Bentazo, E. (2015). Análisis de la movilidad urbana de una ciudad media mexicana. Caso de estudio: Santiago de Querétaro. *Economía, Sociedad y Territorio*, 15(47), 61-68. <http://www.scielo.org.mx/pdf/est/v15n47/v15n47a4.pdf>
- ONU Hábitat (2015). *Reporte Nacional de Movilidad Urbana en México, 2014-2015*. Ciudad de México: Senado de la República, LXII Legislatura y Grupo Mexicanos de Parlamentarios para el Hábitat. <https://publicacionesonuhabitat.org/onuhabitatmexico/Reporte-Nacional-de-Movilidad-Urbana-en-Mexico-2014-2015.pdf>
- Ortúzar, J. de D. y Román, C. (2003). El problema de la modelación de demanda desde una perspectiva desagregada: el caso del transporte. *Eure, Revista de Estudios Urbanos Regionales*, 29(88), 149-171. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=19608807>
- Ortúzar, J. de D. y Willumsen, L. (2008). *Modelos de transporte*. Santander: PubliCan / Universidad de Cantabria.
- Salerno, B. (2012). Un viaje por la movilidad cotidiana. El espacio entre el transporte y el individuo. *Perspectiva Geográfica*, 17, 213-232. <https://revistas.uptc.edu.co/index.php/perspectiva/article/view/2269/2225>
- Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano. (2018). *Sistema Urbano Nacional 2018*. Ciudad de México: Sedatu. <https://www.gob.mx/conapo/documentos/sistema-urbano-nacional-2018>
- Sobrino, J. (2007). Patrones de dispersión intrametropolitana en México. *Estudios Demográficos y Urbanos*, 22(3), 583-617. <http://dx.doi.org/10.24201/edu.v22i3.1272>
- Steg, L. y Gifford, R. (2005). Sustainable transportation and quality of life. *Journal of Transport Geography*, 13(1), 59-69. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2004.11.003>
- Suárez, M. y Delgado, G. J. (2007). Estructura y eficiencia urbanas. Accesibilidad a empleos, localización residencial e ingreso en la ZMCM, 1990-2000. *Economía, Sociedad y Territorio*, 6(23), 693-724. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=11102305>

- Suárez, M. y Delgado, G. J. (2010). Patrones de movilidad residencial en la Ciudad de México: ¿evidencia de co-localización de población y empleos? *Eure, Revista de Estudios Urbano Regionales*, 36(107), 67-91. <http://dx.doi.org/10.4067/S0250-71612010000100004>
- Suárez, M. y Delgado, G. J. (2015). *Los mexicanos vistos por sí mismos. Los grandes temas nacionales. Entre mi casa y mi destino. Movilidad y transporte en México. Encuesta Nacional de Movilidad y Transporte*. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Suárez, M., Murata, M. y Delgado Campos, J. (2015). Why do the poor travel less? Urban Structure, commuting and economic informality in México City. *Urban Studies*, 53(12), 2548-2566. <https://doi.org/10.1177/0042098015596925>
- Szolnoki, G. y Hoffmann, D. (2013). Online, face-to-face and telephone surveys. Comparing different sampling methods in wine consumer research. *Wine Economics and Policy*, 2(2), 57-66. <https://doi.org/10.1016/j.wep.2013.10.001>
- Thakuriah, P., Sila-Nowicka, K., Hong, J., Boididou, C., Osborne, M., Lido, C. y McHugh, A. (2020). Integrated Multimedia City Data (iMCD): A composite survey and sensing approach to understanding urban living and mobility. *Computers, Environment and Urban Systems*, 80, 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.compenurbsys.2019.101427>
- Torgil, A. (1998). *Estimation of origin-destination matrices using traffic counts. A literature survey*. Luxemburgo: International Institute for Applied Systems Analysis.
- Violland, M. (2011). Travel/mobility surveys: Some key findings. *The International Transport Forum Statistical Paper*, 2, 1-28. <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/sp201102.pdf>
- Zelinsky, W. (1971). The hypothesis of the mobility transition. *Geographical Review*, 2(61), 219-249. <https://doi.org/10.1177/030913259301700205>

Acerca de los autores

Claudia N. Hernández Cerdá es doctora en Ciencias Ambientales y maestra en Ciencias del Hábitat, ambos por la Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Actualmente es profesora de asignatura en la Facultad de Ingeniería en dicha universidad. Sus líneas de investigación son movilidad urbana, ordenamiento ecológico y territorial, y desarrollo urbano. <https://orcid.org/0000-0001-7978-4300>

Entre sus publicaciones se encuentran:

Hernández Cerdá, C. y Ávila Galarza, A. (2017). Movilidad en la Zona Metropolitana de San Luis Potosí. *Universitarios Potosinos*, 217, 18-23. <http://www.uaslp.mx/Comunicacion-Social/Documents/Divulgacion/Revista/Catorce/217/217-04.pdf>

Hernández Cerdá, C., Ávila Galarza, A. y Cerdá Alonso, D. (2018). Movilidad urbana y la calidad del aire en San Luis Potosí. *Universitarios Potosinos*, 227, 4-10. <https://docplayer.es/106320642-Movilidad-urbana-y-la-calidad-del-aire-en-san-luis-potosi.html>

Hernández Cerdá, C., Ávila Galarza, A. y Cerdá Alonso, D. (2022). Impacto de la movilidad urbana en la calidad del aire de la zona metropolitana de San Luis Potosí, México. *Revista de Ciencias Ambientales*, 57(1), 1-27. <https://doi.org/10.15359/rca.57-1.8>

Alfredo Ávila Galarza es profesor investigador en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí; doctor y maestro en Sistemas Energéticos y Control de Procesos (contaminación atmosférica) por la Universidad de París XII Val-de-Marne. Sus líneas de investigación son contaminación atmosférica a escala local, impacto y riesgo ambiental, gestión ambiental y manejo de residuos. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0903-0428>

Entre sus publicaciones se encuentran:

Hernández Cerdá, C. y Ávila Galarza, A. (2017). Movilidad en la Zona Metropolitana de San Luis Potosí. *Universitarios Potosinos*, 217, 18-23. <https://docplayer.es/78432211-Movilidad-en-la-zona-metropolitana-de-san-luis-potosi.html>

Hernández Cerdá, C., Ávila Galarza, A. y Cerdá Alonso D. (2018). Movilidad urbana y la calidad del aire en San Luis Potosí. *Uni-*

- versitarios Potosinos*, 227, 4-10. <https://docplayer.es/106320642-Movilidad-urbana-y-la-calidad-del-aire-en-san-luis-potosi.html>
- Vargas, K., Díaz de León M., L., Bernal Jácome, L. A., Rodríguez Aguilar, M., Ávila Galarza, A. y Flores Ramírez, R. (2019). Rapid analysis of 4-nonylphenol by solid phase microextraction in water samples. *Talanta*, 209. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2019.120546>

Miguel Aguilar Robledo es doctor en Geografía por la Universidad de Texas en Austin, y maestro en Geografía por la Universidad Nacional Autónoma de México. Pertenece al Sistema Nacional de Investigadores, nivel II, y es miembro regular de la Academia Mexicana de Ciencias. Sus líneas de investigación son historia ambiental, planeación territorial y ambiental, cartografía participativa, tenencia de la tierra, y uso de los recursos naturales. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8318-1083>

Entre sus publicaciones se encuentran:

- Flores Aguilar, A., Aguilar Robledo, M., Reyes Hernández, H. y Guzmán Chávez, M. (2018). Gobernanza ambiental y pagos por servicios ambientales en América Latina. *Sociedad y Ambiente*, 6(16), 7-31. <http://www.scielo.org.mx/pdf/sya/n16/2007-6576-sya-16-7.pdf>
- Reyes Pérez, O., Loredo Sánchez, M. A., Castañeda Camacho, X. y Aguilar Robledo, M. (2019). Metodología para la asimilación económica de la minería en Zacatecas, México. *Economía Sociedad y Territorio*, 20(62), 241-272. <https://est.cmq.edu.mx/index.php/est/article/view/1415/1488>
- Rontard, B., Reyes Hernández, H. y Aguilar Robledo, M. (2020). Pagos por captura de carbono en el mercado voluntario en México: diversidad y complejidad de su aplicación en Chiapas y Oaxaca. *Sociedad y Ambiente*, 22, 212-236. <https://doi.org/10.31840/sya.vi22.2106>

Valente Vázquez Solís es doctor y maestro en Geografía por la Universidad Nacional Autónoma de México. Pertenece al Sistema Nacional de Investigadores, nivel I, y actualmente es profesor investigador de la Facultad de Ciencias Sociales y Humanidades de la

Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Entre sus líneas de investigación se encuentran: territorio, turismo y ambiente; lengua, cultura y medio ambiente. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8421-7201>

Entre sus publicaciones destacan:

- Navarro, M., Vázquez, V., Van't Hooft, A. y Reyes, A. (2019). Participación comunitaria y turismo alternativo en zonas indígenas en el contexto mexicano: cuatro estudios de caso. *El Periplo Sustainable*, 36, 7-33. <http://www.scielo.org.mx/pdf/eps/n36/1870-9036-eps-36-7.pdf>
- Hernández, M., Vázquez, V. y Palacio, A. G. (2019). Expresión territorial de la resiliencia turística ante la ocurrencia de eventos hidrometeorológicos en Los Cabos, Baja California Sur, México. *Estudios y Perspectivas en Turismo*, 28(2), 486-506. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-17322019000200013
- Moreno, H., Vázquez, V. y Hamhaber, J. (2020). Active mobility and transit for warm climate cities. En A. van't Hooft (ed.), *Environment and resources management in Latin America* (pp. 63-66). San Luis Potosí: Universidad Autónoma de San Luis Potosí / Institute for Technology and Resources Management in the Tropics and Subtropics. https://www.academia.edu/41984906/_2020_Environment_and_Resources_Management_in_Latin_America

Recepción: 8 de febrero de 2021.
Aceptación: 30 de agosto de 2021.