

MOVILIDAD URBANA Y SUS IMPLICACIONES EN LA CALIDAD DEL AIRE.
EL CASO DEL ÁREA URBANA DE SAN LUIS POTOSÍ.

Claudia Hernández Cerda¹
Alfredo Ávila Galarza²
Gabriela Cerda Alonso³

Resumen

El crecimiento urbano en el mundo presenta problemáticas sociales y ambientales similares. De los diferentes procesos que se llevan a cabo en las ciudades, el desplazamiento de la población es fundamental; no obstante, los modelos vigentes de movilidad favorecen el uso excesivo del transporte motorizado que impacta en la contaminación del aire. La correlación entre movilidad vehicular motorizada y la contaminación atmosférica urbana han sido analizadas de manera distinta en diversas ciudades del mundo; no obstante, en México y particularmente en San Luis Potosí, dicha reciprocidad no ha sido dimensionada, en gran medida por la ausencia de datos.

A continuación, se muestran los resultados de una investigación que evaluó las implicaciones a la calidad del aire por la actividad vehicular motorizada en el área urbana de San Luis Potosí. Se describen el proceso metodológico y las herramientas de análisis, además de comparar las concentraciones estimadas de contaminantes en el aire con investigaciones anteriores en el caso de estudio.

Crecimiento urbano

El crecimiento urbano es el aumento del número de personas que vive en las ciudades, y se acompaña de una ampliación en su área territorial que hoy en día ha superado, en la mayoría de los casos, lineamientos de planeación u ordenamiento territorial. El panorama urbano actual que dicta el Banco Mundial (2017) es: que el 54% de la población del planeta habita en ciudades; y que en ellas se genera el 80% del producto interno bruto, por lo que su preservación y desarrollo son importantes para el desenvolvimiento global.

Las ciudades han evolucionado en tamaño y contexto en el tiempo. Fue a partir de 1980 que se identificó una explosión demográfica urbana, principalmente en regiones desarrolladas; no obstante, las regiones en proceso de expansión aún enfrentan una urbanización constante y acelerada (Bernardi, 2009).

En los últimos cuarenta años, el crecimiento urbano se ha distinguido por su complejidad y por una variedad amplia de procesos y formas urbanas, producto de paradigmas económicos, de comunicación y ambientales (Tena Núñez, 2007). En Latinoamérica existe una urbanización con características de dependencia e irregularidad, con problemas de desigualdad social, segregación

¹ Claudia Nalleli Hernández Cerda. Arquitecta, doctoranda en Ciencias Ambientales por la Universidad Autónoma de San Luis Potosí. nalleli.hernandez.cerda@gmail.com.

² Alfredo Ávila Galarza. Doctor y profesor investigador de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí. galarza@uaslp.mx.

³ Gabriela Cerda Alonso. Estudiante de licenciatura en Ingeniería Ambiental. Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

territorial, accesibilidad, desplazamiento de personas, entre otros (González, Pérez, y Gómez, 2012).

Los procesos urbanos en países latinos han propiciado una transformación en la función urbana, una disolución estructural y un cambio en la organización de las ciudades, que afecta de manera directa al desplazamiento humano. La urbanización en México comparte las características anteriores; las 384 ciudades identificadas por el Sistema Urbano Nacional presentan crecimiento demográfico, expansión territorial y modificaciones a su estructura. En las zonas metropolitanas se registran, entre otros, problemas de movilidad y degradación ambiental.

Movilidad urbana

La movilidad, según Miralles-Guasch (2002), es la suma de desplazamientos realizados por la población de forma recurrente para acceder a bienes y servicios. Para estudiarla se necesita valorar el sistema urbano en los aspectos: social, ecológico, económico y espacio físico urbano (López Bernal, 2008).

La problemática de movilidad actual en las ciudades se relaciona con el espacio físico; una variación en su forma, estructura y función, condiciona el desplazamiento humano. Actualmente, el modelo de movilidad se caracteriza por sus índices de motorización elevados que generan problemáticas como: congestión vehicular, accesibilidad limitada, falta de conectividad, contaminación atmosférica, entre otros.

La contaminación del aire es una implicación ambiental de la movilidad actual, que tiene efectos locales, pero también globales. Alcántara Vasconcellos (2010) señala que el 40% de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) derivan del transporte motorizado, así como el 13.3% de los gases de efecto invernadero.

Calidad del Aire

La calidad del aire se relaciona con la presencia de contaminantes en la atmósfera y la aptitud de que éstos sean respirados por las personas. Su afectación resulta de la complejidad de la actividad humana y de sus emisiones.

La contaminación atmosférica es la presencia en el ambiente de uno o más contaminantes o de cualquier combinación de ellos que cause desequilibrio ecológico (DOF, 2012). Resulta de diferentes fuentes de emisión: fijas, de área, móviles y naturales. Las fuentes móviles están constituidas por vehículos automotores que emiten contaminantes como: carbono orgánico total (COT), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x), óxidos de azufre (SO_x) y partículas finas (PM) (SEMARNAT, 2010).

La Organización Mundial de la Salud (OMS, 2012) señaló que la contaminación atmosférica en las ciudades y zonas rurales del mundo, además de contribuir al cambio climático, provoca cada año tres millones de defunciones prematuras; de las cuales, 14 700 suceden en México. Aseguró que en la medida en que el parque vehicular continúe creciendo a tasas elevadas, la calidad del aire seguirá deteriorándose.

En México, el transporte es responsable del 26.2% de las emisiones de gases de efecto invernadero, y de dicho porcentaje, el vehículo particular genera el 23%. Por lo que se refiere a las emisiones de contaminantes criterio, la información es escasa debido a la falta de estudios locales y estatales. La SEMARNAT es la dependencia del gobierno federal encargada de compilar y analizar los datos disponibles, mismos que son escasos en todo el territorio nacional (tabla 1).

Emisiones fuentes móviles	Emisiones (toneladas/año)							Total
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	NH ₃	
México ¹	37,730.00	32,631.00	44,524.00	38,521,758.00	2,031,803.00	3,084,546.00	21,191.00	43,774,183.00
Área urbana de SLP ²	200.11	158.73	514.98	123,266.12	21,043.30	6,723.14	435.13	152,341.51

Tabla 1. Emisiones anuales totales de contaminantes criterio por fuentes móviles.

Fuente: ¹ Inventario Nacional de Emisiones (SEMARNAT, 2005); ² Programa de gestión para mejorar la calidad del aire en la Zona Metropolitana de San Luis Potosí. (ProAire, 2015).

Los estudios que relacionan la actividad vehicular y los impactos ambientales al aire son escasos. El inventario de emisiones de fuentes vehiculares realizado en la ciudad de San Luis Potosí (utilizando una metodología estadística y un modelo informático de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (US-EPA)), determinó para el 2006, un total de 181,918 ton/año de contaminantes arrojados al aire por este tipo de fuentes (López Pablos, 2007).

Caso de estudio. Área Urbana de San Luis Potosí (AU-SLP).

El AU-SLP es el resultado de la conurbación de los municipios de San Luis Potosí y parte de Soledad de Graciano Sánchez. El área tiene un crecimiento demográfico y territorial constante, con características de expansión, fragmentación, segregación y modificaciones en su estructura, que impactan en los desplazamientos de sus habitantes. La movilidad en ambos municipios es primordialmente motorizada. El número de vehículos registrados en circulación representa el 56% del total del Estado; y de éste, el 66.13% corresponde al automóvil particular.

Esta investigación tuvo por objeto caracterizar la movilidad en el AU-SLP y sus implicaciones en la calidad del aire local, a partir del cálculo de emisiones producidas por las fuentes móviles que circulan en ella. La metodología desarrollada se representa en la figura 1.

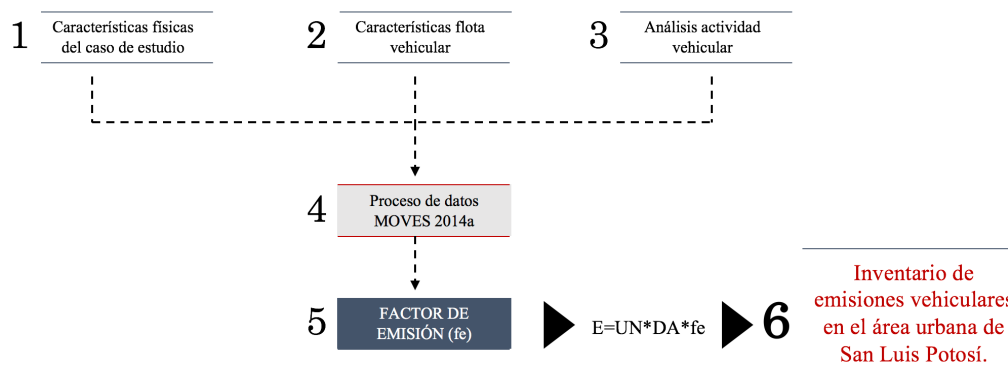


Figura 1. Proceso para la estimación de emisiones vehiculares en el caso de estudio.

Elaboración a partir de Cerda Alonso (2017).

La estimación de las emisiones de contaminantes al aire se hizo a través del modelo informático MOVES adaptado a México, que calcula emisiones para las fuentes vehiculares que circulan sobre los diferentes tipos de vialidades; contempla una gama amplia de contaminantes criterio, gases de efecto invernadero y contaminantes tóxicos (INECC y USAID, 2016).

Para caracterizar la flota vehicular se seleccionaron los tipos de vehículos: automóvil particular, camión de pasajeros y motocicletas. La actividad vehicular se determinó a partir de la aplicación de encuestas a una muestra representativa de usuarios. Los contaminantes atmosféricos por tipo de vehículo se calcularon con los factores de emisión recomendados por la USEPA y sugeridos por el modelo MOVES. Después del tratamiento estadístico se obtuvieron los resultados siguientes:

Tipo de vehículo	Emisiones (toneladas/año)						Total
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	
Automóvil	107.14	94.78	145.68	47,213.75	7,685.77	7,138.58	62,385.71
Motocicleta	6.08	5.38	14.02	6,267.74	200.33	770.01	7,263.56
Autobús público urbano	6.08	5.38	14.02	433.51	200.33	770.01	1,429.33
Total	119.30	105.54	173.73	53,915.00	8,086.44	8,678.60	71,078.60

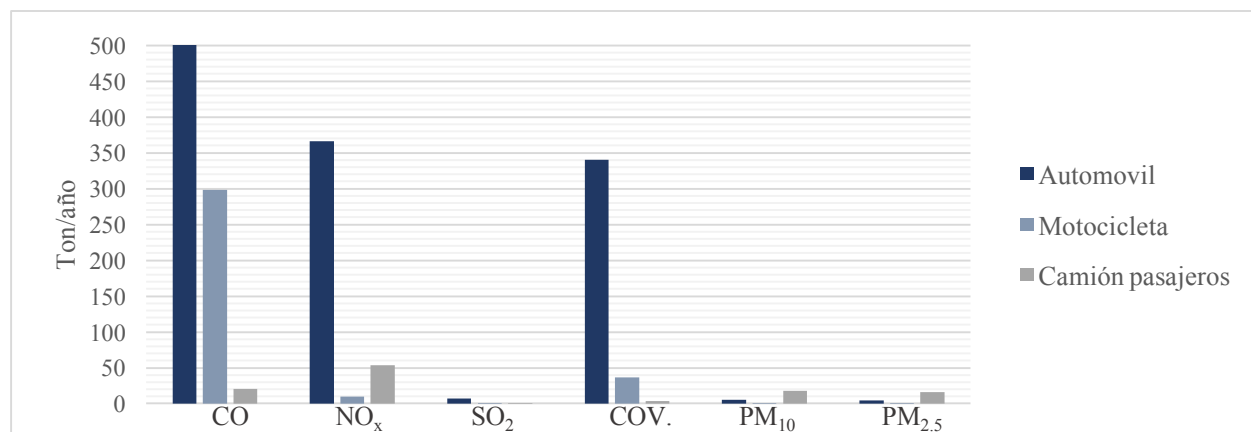


Figura 2. Emisiones al aire de contaminantes criterio por fuentes vehiculares que circulan en el área urbana de SLP
Fuente: Cerda Alonso (2017)

Los contaminantes atmosféricos emitidos por fuentes móviles varían según el combustible utilizado. En el AU-SLP, el automóvil y la motocicleta cuyo combustible es gasolina, generan el 98% del total de contaminantes calculados, los más significativos: CO, NO_x y COV. Los autobuses urbanos cuyo combustible es el diésel contribuyen con el 2%, los más importantes son: NO_x, PM₁₀ y PM_{2.5}.

Conclusiones

Los resultados anteriores revelan la existencia del impacto negativo de la movilidad motorizada en la calidad del aire del AU-SLP. Si se comparan los resultados de este estudio (71 078 ton/año) con otros previos (ProAire (2015) 152 341 ton/año y Pablos (2007) 181 918ton/año), puede detectarse la disminución en la cantidad de emisiones; no obstante, las metodologías empleadas fueron distintas, por lo que los valores resultantes no son concluyentes para ningún caso. Según

SEMARNAT (2007), medir las emisiones de fuentes móviles es un reto debido a la gran cantidad y variedad de vehículos que existen. Para esta investigación se utilizó la fórmula general sugerida por dicho organismo: $E=NU*DA*FE^4$; sin embargo, los datos para determinar tanto la actividad vehicular (DA) como los factores de emisión (FE), están sujetos a la disponibilidad de información, por lo que los métodos de obtención varían en la mayoría de los estudios.

En ese sentido, se necesitan análisis más detallados y datos más precisos. Los organismos gubernamentales deben ampliar la información vehicular (tamaño de motor, número de cilindros, km recorridos tipo de combustible, km de uso con el mismo catalizador), e implementar un programa de verificación que registre las emisiones por fuente móvil. Es necesario definir metodologías concretas de cálculo, indicadores e índices que permitan: 1) estructurar y actualizar la información de la actividad vehicular en un área urbana; y 2) definir el impacto de dicha actividad en la calidad del aire.

Bibliografía

- Alcantara Vasconcellos, E. (2010). *Análisis de la movilidad urbana. Espacio, medio ambiente y equidad*. Bogotá, Colombia: Corporación Andina de Fomento.
- Bernardi, R. B. (2009). *La ciudad y la urbanización*. Estudios Históricos, pp 1-14.
- CEMDA. (s.f.). *Recomendaciones de política pública para mejorar la calidad del aire en México. Una visión compartida*. México Distrito Federal: Centro Mexicano de Derecho Ambiental .
- Cerda Alonso, G. (Diciembre de 2017). *Estimación de las emisiones de fuentes vehiculares en el área de San Luis Potosí y sus implicaciones en la calidad del aire*. Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
- Cifuentes Ruiz, P. A. (Julio, 2013). *La Modelización como herramienta para el análisis urbano de las ciudades intermedias: Estudio de caso usando Sistemas de Información Geográfica en Manizales, Colombia*. Barcelona, España: Departament de Projectes Arquitectònics. Universitat Politècnica de Catalunya.
- DOF. (4 de junio de 2012). *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente*. México: H. Congreso de la Unión.
- Gonzalez, R. L., Perez, J. G., & Gomez, L. E. (2012). *Los espacios urbanos. El estudio geográfico de la ciudad y la urbanización*. Madrid, España: Biblioteca Nueva.
- INECC y USAID. (2016). *Guía del usuario de MOVES-México*. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático y Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional. Tetra Tech ES Inc.
- Lopez Pablos, A. (2007). *Caracterización de emisiones a la atmósfera por fuentes vehiculares en la ciudad de San Luis Potosí, SLP*. (U. A. Potosí, Ed.) San Luis Potosí, San Luis Potosí, México: Maestría en Hidrosistemas con opción en Ambiental. Facultad de Ingeniería.
- Miralles-Guasch, C. (2002). *Ciudad y transporte. El binomio imperfecto*. España: Ariel.
- OMS. (2012). *Organización Mundial de la Salud*. Recuperado el 12 de Enero de 2018, de Centro de Prensa. Calidad del aire ambiente (exterior) y salud.: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/es/>
- SEMARNAT. (2005). *Inventario Nacional de Emisiones 2005*. Subdirección de Inventario de Emisiones. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales.

⁴ (E) emisión total del contaminante de interés; (NU) número total de vehículos de interés; (DA) actividad vehicular, expresada como la distancia total recorrida por los vehículos de interés en un tiempo determinado y bajo condiciones de circulación conocidos; (FE) factor de emisión para el contaminante de interés, para el tipo de vehículo en cuestión y para las condiciones de circulación de los vehículos expresado en unidades de masa.

SEMARNAT. (2007). *Guía metodológica para la estimación de emisiones vehiculares en ciudades mexicanas*. México: Instituto Nacional de Ecología.

SEMARNAT. (2010). *Compendio de Estadísticas Ambientales 2010*. Recuperado el 2018 de febrero de 23, de SNIARN:
http://aplicaciones.semarnat.gob.mx/estadisticas/compendio2010/10.100.13.5_8080/ibi_apps/WFServlete5c8.html

SEMARNAT. (2015). *Programa de gestión para mejorar la calidad del aire en la Zona Metropolitana de San Luis Potosí - Soledad de Graciano Sánchez*. Secretaría de Ecología y Gestión Ambiental. San Luis Potosí: proAire.

Tena Núñez, R. A. (2007). *Ciudad, cultura y urbanización sociocultural. Conceptos y métodos de análisis urbano*. Ciudad de México: Plaza y Valdes Editores.