



Contaminación por ruido y el tráfico vehicular en la frontera de México

Noise pollution and road traffic in the Mexican border

Benito Zamorano-González^{a*}, Fabiola Peña-Cárdenas^{b*}, Yolanda Velázquez-Narváez^{c*}, José Ignacio Vargas-Martínez^{d*}, Víctor Parra-Sierra^{e*}

RESUMEN

Objetivo: determinar la relación entre el nivel de ruido de las principales intersecciones viales y el número de vehículos que transitan sobre ellas.

Método: se utilizó un aforador vehicular electrónico no invasivo en periodos de una semana; evaluación del nivel de ruido en intervalos diarios durante la semana completa, utilizando sonómetros integradores tipo I.

Resultados: se identificó el tráfico promedio diario anual de 2739 unidades; estimación del nivel de ruido de 77.6 dB para periodos de 12 horas; niveles máximos de 98.5 dB y 58.3 dB como nivel mínimo de ruido.

Limitaciones: el desarrollo del trabajo de campo en un periodo menor a un año.

Principales hallazgos: el nivel de ruido en la ciudad supera el referente de 65 decibeles, mencionado por la Organización Mundial de la Salud, lo que permite concluir que la ciudad presenta contaminación a causa del ruido derivado del tráfico vehicular.

ABSTRACT

Purpose: To determine the relationship between the noise level of the main road intersections and the number of vehicles that circulate through them.

Methodology: A non-invasive electronic vehicle gauge was used in one week periods; evaluation of noise level in daily intervals during a complete week, using type I sound level meters.

Results: Annual average daily traffic was 2739 units; noise level estimation was 77.6 dB for 12 hour periods; 98.5 dB was the maximum noise level and the minimum noise level was 58.3 dB.

Limitations: Field work was conducted in a period of less than a year.

Findings: Results show that noise levels exceed the reference of 65 decibels mentioned by the World Health Organization; as a consequence, the city has pollution due to the noise derived from vehicular traffic.

*Universidad Autónoma de Tamaulipas



Recibido: 23 de octubre de 2018; aceptado: 22 de marzo de 2019.



Palabras clave: contaminación, ruido, tráfico, sonido.



Keywords: Pollution, noise, traffic, sound.



Se autoriza la reproducción total o parcial de los textos aquí publicados siempre y cuando se cite la fuente completa y la dirección electrónica de la publicación. CC-BY-NC-ND

INTRODUCCIÓN

La calidad del ambiente puede verse alterada por diferentes factores de riesgo; por ejemplo, los biológicos, químicos y/o físicos. El ruido es un agente que se ubica entre los factores de riesgo físicos, junto con las vibraciones y la temperatura. La contaminación por ruido es una de las menos valoradas, sin embargo, genera un impacto negativo en la calidad de vida de las personas expuestas (Kim *et al.*, 2012). De acuerdo con informes de la Organización Mundial de la Salud (OMS), este fenómeno debe considerarse un problema de salud pública del mundo moderno, de manera particular en aquellas ciudades con grandes poblaciones y con espacios limitados o reducidos (Hunashal y Patil, 2012; Mehdi *et al.*, 2011; World Health Organization [WHO], 2011). El ruido producido por el tráfico es un agente agresor de la salud humana, se considera que a nivel internacional alrededor del 40 % de la población se encuentra expuesta a niveles superiores a los 55 dB y ese porcentaje aumenta en los países subdesarrollados (Chang *et al.*, 2012; Zhang, Kang y Jiao, 2012).

La producción del ruido puede atribuirse al rápido incremento de la industria, la infraestructura de los sistemas de transporte ya sea ferrocarril, aeropuertos y carreteras (Hunashal y Patil, 2012; Iglesias-Merchant y Diaz-Balteiro, 2013; Paviotti y Vogiatzis, 2012). Además, no se debe dejar de lado que, el ruido se produce fácilmente, lo que potencializa su capacidad de penetración, esto significa que se puede detectar en diferentes zonas, como son las áreas residenciales, recreativas y de esparcimiento, las zonas comerciales e industriales, es decir, que en la medida que la población se concentra en una determinada zona, dependiendo del tipo de actividades que realice, aumenta también la presencia de ruido (Zamorano *et al.*, 2014).

La degradación del ambiente en medios urbanos a causa del ruido puede tener diferentes fuentes, pero la mayoría de las veces se considera al tránsito vehicular como el principal causante (Fyhri y Aasvang, 2010; Mehdi, *et al.*, 2011). Los hallazgos de algunos autores como Gündogdu, Gökdag y Yüksel (2005), así como también Li *et al.* (2002) han señalado que no es un fenómeno exclusivo de los países desarrollados, sino también de aquellos que se encuentran en desarrollo, es un peligro para la salud ambiental y debe atenderse en las ciuda-

des que lo padecen. Sobre todo, en aquellos países y ciudades donde los espacios urbanos se concentran y las autoridades carecen de sistemas de gestión que faciliten la implementación de procesos de planeación ante el desarrollo. Tales afirmaciones permiten definir que la situación de contaminación por ruido producido por el tráfico vehicular representa una complejidad para las autoridades responsables de la gestión ambiental y urbana (Li *et al.*, 2002).

Existen algunas investigaciones que asocian la presencia del ruido producido por el tránsito vehicular y los daños que provocan en la salud, principalmente en áreas urbanas, demuestran que los efectos pueden ser agrupados en cuatro categorías: los auditivos, los fisiológicos, los psicológicos y finalmente, los que afectan en el rendimiento de las personas (Hunashal y Patil, 2012). De manera particular, entre los síntomas más frecuentes destacan: alteración en el comportamiento de las personas como nerviosismo, irritabilidad, falta de concentración, interrupción del sueño, e incluso la aparición de presión arterial alta (Chang *et al.*, 2012). Es importante recalcar que, la exposición al ruido no implica tan solo la pérdida auditiva, sino que, pueden presentarse otras patologías de las cuales los individuos no son conscientes de su causa, ello supone la necesidad de explorar nuevas líneas de estudio alrededor de la exposición al ruido.

La manera de abordar el tema de la exposición al ruido implica un enfoque y análisis muy particular, por ejemplo, de manera puntual en las fuentes generadoras, mediante la utilización de simuladores predictivos los cuales toman en cuenta la forma de la calle, las áreas verdes, la densidad de las construcciones, la posición y la forma de los edificios; y por medio de encuestas que evalúen la respuesta humana (Guedes, Bertoli, y Zannin, 2011; Laszlo *et al.*, 2012; Szeremeta y Zannin, 2009). Para obtener una valoración de la contaminación por ruido en las ciudades, es necesario realizar una medición del ruido generado por el tránsito de vehículos, ello incluye el ruido de motores y la fricción que generan los neumáticos sobre la superficie (Vlachokostas *et al.*, 2012). La medición puede incluir también algunas características adicionales como la cantidad de vehículos y su tipo, además de la velocidad promedio con la que estos

circulan (Paunović, Jakovljević y Belojević, 2009). La determinación del nivel de ruido puede tener diferentes escenarios y dependerá del investigador la elección del método de evaluación a utilizar.

Si bien es cierto que los niveles de ruido generado por un vehículo no han presentado grandes cambios desde hace algunas décadas, resulta preponderante señalar que, lo que sí ha cambiado es la cantidad de vehículos que se encuentran circulando en la ciudad (Ögren, Molnár y Barregard, 2018).

Para tomar en consideración el tránsito vehicular como un determinante en la presencia del ruido es importante conocer el nivel de afluencia vehicular en una zona. Esta actividad implica tomar una decisión respecto al tipo de observación que se pretende realizar, la primera opción son los aforos permanentes, es decir cuando la medición se lleva a cabo durante todos los días del año. En el segundo tipo, se realiza la medición sólo durante algunos días del año, por lo regular durante una semana, esta metodología se conoce como aforo semanal base semanal. El resultado de las observaciones, en cualquiera de los casos, sirve para realizar las estimaciones: tránsito diario promedio anual, máximo o mínimo, que pasa por un punto dado de una carretera (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2006). Con base en las estimaciones de tránsito y de acuerdo con la clasificación de las carreteras establecido por la Secretaría de Comunicación y Transportes de México (Mendoza *et al.*, 2004) se puede determinar el tipo de vialidad. En la tabla 1 se describen las seis categorías clasificadas según la velocidad y el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA).

Tabla 1. Clasificación de las carreteras

Tipo de carretera	Velocidad km/h	TPDA
Autopistas	80 a 110	> 5000
Vías rápidas	80 a 110	3000-5000
Secundarias	70 a 110	1500-3000
Colectora	60 a 100	500-1500
Locales	50 a 80	100-500
Brechas	30 a 70	<100

Fuente: recomendaciones de actualización de algunos elementos del proyecto geométrico de carreteras (Mendoza *et al.*, 2004).

En México, las autoridades ambientales en sus diferentes niveles de gobierno han propuesto y establecido

leyes para buscar un freno ante el tema de la contaminación por ruido. Sin embargo, el esfuerzo no ha sido suficiente, ya que el marco normativo carece de aspectos metodológicos y técnicos que impliquen a la comunidad en general y no sólo a instituciones o negocios. El caso particular de la Norma Oficial Mexicana 081, que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición, publicada en 1995, la cual presenta una modificación en los límites máximos permisibles (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2013), pero sigue considerando sólo al ruido emitido por fuentes fijas dejando de lado otras actividades que se realizan en lugares públicos, espacios abiertos o vialidades. Asimismo, dicha normativa es utilizada por las autoridades estatales y locales para atender denuncias y quejas ciudadanas, debido a la ausencia de otro tipo de normas con mayor especificidad. Lo que obliga a los responsables ambientales gubernamentales y particulares a tener que sujetarse a un método y valores que probablemente no corresponde a su actividad.

Otro aspecto a tener en cuenta son las normativas que atienden el ruido producido por los ductos de escape de los medios de transporte: motocicletas, triciclos motorizados y automóviles; en las que se describen ciertos procedimientos para su evaluación, pero que presenta una debilidad metodológica, ya que la medición se lleva a cabo en centros de verificación especializados, en situaciones y condiciones diferentes a la cotidianidad en el uso de los vehículos o las condiciones de las vialidades.

El presente estudio, tiene como origen el proyecto de investigación: “Ruido urbano y sus efectos en la población de Matamoros, Tamaulipas”. El objetivo consiste en establecer una relación entre el nivel de ruido generado en los principales corredores viales y el número de vehículos que transitan en la ciudad de Matamoros, Tamaulipas, México.

METODOLOGÍA

El estudio fue desarrollado en la ciudad de Matamoros, Tamaulipas, en la zona Noreste de México. La ciudad presenta una extensión geográfica de 4 632 km² y la población se encuentra conformada por un total de 520 367 personas, de acuerdo con el informe presentado en el 2015 por el Instituto Nacional de Estadística y Geogra-

fía. Si bien es cierto que la cifra apenas rebasa el medio millón de habitantes, es necesario recalcar que dicha información refleja única y exclusivamente a las personas que tienen un domicilio fijo, y, por lo tanto, habitan de manera permanente en la ciudad. En semejante cifra no se incluyen todas aquellas personas que llegan por razones migratorias y que representan una población flotante de alrededor de un millón de personas y de las cuales no se tiene un censo preciso. En una situación similar se encuentra el parque vehicular, ya que los registros indican un total de 144 113 vehículos de motor, sin embargo, el número puede al menos duplicarse a causa de la gran cantidad de vehículos provenientes de los Estados Unidos. Estos vehículos tienen propietarios norteamericanos que cruzan constantemente la frontera por ocio, trabajo y/o negocios. Otra gran cantidad de vehículos extranjeros forma parte de la economía informal en la ciudad y el número puede por mucho rebasar los registros oficiales debido a la falta de controles sobre estos (Inegi, 2016).

La obtención de datos, como parte del trabajo de campo, se llevó a cabo en el periodo de abril a septiembre del 2016. Para la elección de las zonas de evaluación se consideró la inclusión de aquellos lugares que presentaran casas-habitación dentro de un diámetro de un kilómetro. La recolección de datos requirió de dos actividades: la primera consistió en un aforo vehicular, y la segunda, en la evaluación de los niveles de ruido diurno.

El tránsito vehicular

Para entender la manera en que se presenta y desarrolla un fenómeno en particular, es necesario describirlo desde su universo como un gran todo. Partiendo de dicha premisa, el comportamiento del tránsito vehicular requiere la obtención de información con la instrumentación de aforos continuos a lo largo del año, sin embargo, esto representa una dificultad en el desarrollo de estudios urbanos debido al alto costo que implica la instalación de puntos de monitoreo por periodos prologados. Una forma de solventar este tipo de conflictos es mediante la obtención de muestras del tráfico, que propicien la elaboración de cálculos que permitan generalizar el comportamiento de la población (Reyes y Cárdenas, 2007).

Para determinar el tráfico existente en cada una de

las vías se realizó un aforo vehicular que consistió en la instalación de un aforador no invasivo de la marca Traffic Logix. Con la información obtenida se procedió a estimar el Tráfico Promedio Diario Semanal (TPDS), el cual representa el valor medio del tránsito diario y se obtiene con base en el tránsito de una semana. El cálculo surge a partir de lo establecido por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (2006) y la expresión matemática se define por la ecuación 1.

$$TPDS = \frac{TS}{7} \quad \text{(Ecuación 1)}$$

Donde:

TPDS= Tráfico Promedio Diario Semanal.

TS=Sumatoria del tránsito semanal (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2006).

Posteriormente se realizó la estimación del TPDA considerando el procedimiento propuesto por Reyes y Cárdenas (2007) utilizando para ello la ecuación 2.

$$TPDA = TPDS \pm KE \quad \text{(Ecuación 2)}$$

Donde:

TPDS= Tránsito promedio diario semanal.

K= Producto del número de desviaciones estándar (s) por el nivel de confianza (1.96).

E= Error estándar de la media.

La desviación estándar fue determinada por la ecuación 3.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_i^n (TD_i - TPDS)^2}{n-1}} \quad \text{(Ecuación 3)}$$

Donde:

TD_i= Volumen de tránsito del día.

El error estándar de la media se obtuvo mediante la ecuación 4.

$$E = \frac{S}{\sqrt{n}} \left(\sqrt{\frac{N-n}{N-1}} \right) \quad \text{(Ecuación 4)}$$

Donde:

S= Desviación estándar de la distribución del volumen de tránsito.

n= Tamaño de la muestra en número de días del aforo.

N= Tamaño de la población en número de días del año (Reyes y Cárdenas, 2007).

El ruido diurno

La evaluación del nivel de ruido se llevó a cabo durante los siete días de la semana, la recolección de información consideró tres periodos diferentes a lo largo del día, con una duración de una hora. El registro del ruido se desarrolló durante cuatro intervalos de 15 minutos cada uno, lo que permitió ubicar el equipo en los cuatro puntos cardinales de la intersección, completando así cada periodo de una hora. En este proceso fueron utilizados sonómetros integradores clase I, con sus respectivos calibradores de campo; tanto los sonómetros como los calibradores acústicos fueron verificados mediante un laboratorio de pruebas ambientales.

Durante la ubicación de los equipos de medición, se aseguró que éstos se colocaran a una distancia mínima de al menos dos metros de cualquier fachada o superficie que pudiera reflejar el sonido. Además, la altura de instalación de los tripiés que soportaban los sonómetros fue de cuatro metros. Los parámetros de evaluación obtenidos mediante la programación de los sonómetros fueron: nivel de presión acústica continuo equivalente diurno en el intervalo de tiempo de 12 horas (L_{day12}), el nivel sonoro máximo (L_{Max}), así como también el nivel sonoro mínimo (L_{Min}) (International Standards Organization, 2016); la recuperación de las mediciones almacenadas en los instrumentos fue mediante la conexión con una computadora, a través del software Quest Suit Pro II.

Adicionalmente, el personal en campo se aseguró de cumplir con la Norma ISO 1996-1 2016, descripción, medición y evaluación del ruido ambiental, donde se establecen las condiciones climatológicas al momento de la medición: ausencia de lluvia y truenos; así como también se utilizaron anemómetros para determinar que la velocidad del viento fuera menor a los tres metros por segundo (International Standards Organization, 2016), en los casos en que se presentaron situaciones diferentes, se omitió la medición.

RESULTADOS

En la tabla 2 se presenta el resultado de los aforos vehiculares realizados, se puede apreciar el volumen de tránsito semanal, así como los estimadores del TPDA; cabe mencionar que, durante el trabajo de campo, se descartaron tres intersecciones viales (15 %), debido a que se realizaban trabajos de mantenimiento del sistema de drenaje pluvial, así como actividades de reconstrucción de la vialidad. Mediante esta actividad se pudo identificar que, al menos entre las zonas elegidas, se encontraron 11 intersecciones (55 %) con un TPDS superior a los 1500 vehículos.

Tabla 2. Descripción del tránsito en circulación.

Lugar	TPDS	$\pm K\hat{\sigma}$	TPDA _{max}	TPDA _{min}
Ave. Cavazos Lerma y Calixto Ayala	1733	115	1848	1617
Ave. Cavazos Lerma y Virgilio Garza	2091	156	2247	1935
Virgilio Garza y Mexicali	1170	99	1269	1071
Ave. Constituyentes y 12 de marzo	1652	85	1737	1568
Ave. Constituyentes y Sendero Nacional	1830	126	1956	1704
12 de marzo y Sendero Nacional	1723	109	1832	1614
Ave. Rigo Tovar y Sendero Nacional	ND	ND	ND	ND
Ave. Cavazos Lerma y Cuauhtémoc	1959	153	2112	1805
Sexta y Cuauhtémoc	2484	256	2739	2228
Sexta y González	1288	113	1401	1175
Ave. Álvaro Obregón y Sexta	ND	ND	ND	ND
Ave. Cavazos Lerma y Sexta	2422	212	2634	2210
Ave. Cavazos Lerma y Ave. Del Niño	ND	ND	ND	ND
Ave. Cavazos Lerma y Roberto Guerra	1455	111	1565	1344
Ave. Lauro Villar y Acción cívica.	2318	292	2610	2025
Ave. Lauro Villar y Francisco Villa	1933	140	2073	1793
Ave. Lauro Villar y Roberto F. García	1486	92	1577	1394
Ave. Lauro Villar y Primera	1344	132	1477	1212
Ave. Marte R Gómez y 12 de marzo	933	129	1062	805
Ave. Marte R Gómez y Pedro Cárdenas	2193	134	2326	2059

Fuente: aforador vehicular, elaboración propia.

Como parte de las actividades del trabajo de campo fueron seleccionadas aquellas calles y avenidas con estimaciones de TPDA_{min} de entre 1500 a 3000 vehículos, consideradas como arterias o vías secundarias, con un trayecto pequeño y aunque la Secretaria de Comunicaciones y Transportes menciona que podrían llegar a tener un límite de velocidad en un rango de 60 a 110 km/h, las velocidades oscilaron entre los 20 a 60 km/h como máximo. En cada uno de los lugares seleccionados se obtuvieron las mediciones de ruido. En la tabla 3 se pueden observar los resultados.

Tabla 3. Nivel de ruido diurno

Lugar	TPDA _{min}	dB L _{day12}	dB L _{min}	dB L _{max}
Ave. Cavazos Lerma y Calixto Ayala	1617	77.4	72.3	87.34
Ave. Cavazos Lerma y Virgilio Garza	1683	74.5	58.7	98.5
Ave. Constituyentes y 12 de marzo	1568	73.5	65.5	84.1
Ave. Constituyentes y Sendero Nacional	1502	72.3	59.1	97.8
12 de marzo y Sendero Nacional	1614	71.5	62.3	89.3
Ave. Cavazos Lerma y Cuauhtémoc	1558	77.6	58.9	95.8
Sexta y Cuauhtémoc	1813	75.6	61.3	96.8
Ave. Cavazos Lerma y Sexta	1866	75.6	58.3	97.9
Ave. Lauro Villar y Acción cívica.	1550	72.1	59.7	94
Ave. Lauro Villar y Francisco Villa	1568	71.7	58.6	86.7
Ave. Marte R Gómez y Pedro Cárdenas	1845	74.8	60.4	95.2

Fuente: sonómetro integrador tipo I, elaboración propia.

Los resultados muestran de forma general que en todas las zonas el parámetro $L_{day_{12}}$ supera los 65 dB. El valor mínimo alcanza los 58.3 dB y el valor máximo 98.5 dB. Es importante señalar que, según las recomendaciones de la OMS, el ruido ambiental durante el día no debe superar los 65 dB, para evitar daños o trastornos que pudieran sufrir las personas, sobre todo aquellos que se exponen constantemente (WHO, 2011). En México, el acuerdo de modificación de la Norma Oficial Mexicana 081, publicado en 2013 establece que, para espacios dedicados al sector residencial se tendrá un límite máximo permisible de 55 dB, mientras que áreas industriales y comerciales, podrán alcanzarse los 68 dB, y finalmente, en zonas escolares podrán alcanzarse los 55 dB, durante actividades lúdicas. Los resultados del trabajo de campo para la valoración de los niveles de ruido en las zonas previamente elegidas reflejan que en cuales quiera de los casos se superan los valores recomendados.

DISCUSIÓN

Los estudios existentes que abordan la problemática del ruido presentan la perspectiva de interés de quienes los desarrollan, en algunos casos, atienden el problema en los lugares de trabajo; otros, se orientan al diseño y formulación de las políticas ambientales en materia de contaminación por ruido; algunos, mediante el diseño de mapas urbanos y otros, pretenden confirmar y descubrir los efectos que produce el ruido sobre la población expuesta.

La revisión de diferentes autores permite desarrollar un marco de referencia en relación con las estrategias

para medir el ruido, algunos utilizan metodologías establecidas en la ley, pero muchos otros proponen un método que ayuda a redefinir los niveles establecidos. Tal es el caso del estudio realizado en la ciudad de Medellín, Colombia, donde identificaron que en 15 de los 16 puntos evaluados (94 %) se superan los 65 dB (Ortega y Cardona, 2005). De una manera similar se observó en el presente estudio que en todos los puntos de medición se rebasa dicho valor. Lo que significa que por lo menos en las zonas mencionadas se tiene un problema de salud ambiental, pero no se pueden dejar de lado otras vialidades con un tráfico cercano a los 1 500 vehículos por día. Una situación parecida se presenta en Cochabamba, Bolivia, donde registraron, evaluaron y presentaron los niveles de ruido a los que está expuesta la población, elaboraron mapas de ruido y definieron que, al menos el 75% de la ciudad presenta niveles de contaminación acústica (Medrano y Antezana, 2006). Ante este tipo de casos es importante considerar las características de invasión y profundidad que presenta el ruido.

En Cuba, se desarrolló en la ciudad de la Habana, un modelo de simulación, el cual permitió determinar el nivel sonoro del tránsito vehicular. Con base en este modelo se determinaron valores superiores a los 68 dB, durante los periodos del día, lo que refleja una alteración de la calidad ambiental debido a la contaminación acústica (Guzmán y Barceló, 2008). Un estudio semejante fue realizado en la ciudad de Bogotá, Colombia, en el cual se concluye que el ruido ambiental, es originado principalmente por los corredores viales, donde se puede observar que se rebasan los 70 dB, determinando además que no sólo se produce por la cantidad de vehículos sino también por el tipo y características de los vehículos que por ahí transitan (Pacheco, Franco y Behrentz, 2009).

En la ciudad de Chihuahua, México durante el 2013 se realizó un estudio en los accesos carreteros encontrando que en el 100 % de los 64 puntos de medición se rebasaron los 65 decibeles (Olague-Caballero, Wenglas-Lara y Duarte-Rodríguez, 2016), resultados casi idénticos a los encontrados en el presente estudio. Con ello se evidencia que el nivel de ruido se relaciona con los vehículos que transitan por una determinada vía, además que, los niveles de ruido alcanzados superan los parámetros establecidos por la Organización Mundial de la Salud.

El trabajo expuesto presenta principalmente las limitantes de la valoración del tránsito vehicular de manera

parcial, sujeto a un periodo de cinco meses, así como también, el ruido fue evaluado únicamente durante el periodo diurno. Otras variables que podrían influir en los resultados y que no fueron contempladas son: las características del suelo y la velocidad de los vehículos. No obstante, los resultados no contradicen la evidencia existente la cual demuestra que las evaluaciones en los periodos cortos permiten asociar el nivel de ruido con la cantidad de tráfico vehicular que circula en una vía determinada sin encontrar diferencias en los resultados de evaluaciones a largo plazo (Morelli *et al.*, 2015).

CONCLUSIONES

No se puede ignorar que los medios de transporte son de gran utilidad, incluso llegan a ser referente de la modernidad de las sociedades actuales, lo trascendental implica que dichos medios cuenten con los mejores escenarios para lograr su mejor desempeño.

Los niveles de ruido alcanzados están directamente relacionados con el tránsito vehicular, por lo que es necesario promover e informar sobre este factor de riesgo a la población expuesta. En ese sentido, se vuelve necesaria la intervención de las autoridades del sector salud y ambiental, pues de ellas depende el establecimiento de acciones que favorezcan la reducción de los niveles de ruido. Una de estas acciones podría ser el establecimiento de reglamentos, acompañados de mecanismos que permitan vigilar su cumplimiento, principalmente porque en México se carecen de leyes que regulen el ruido que se genera en las ciudades.

Desarrollar e implementar políticas adecuadas permitiría a la ciudad mejorar sus estrategias de crecimiento urbano. De gran ayuda en la reducción del ruido sería el desarrollo de nuevos corredores viales para liberar de tráfico ciertas zonas, reorientar el tráfico, mejorar la estructura de las superficies de las calles, verificar las condiciones del vehículo para asegurar una operación óptima, promover con los expertos el desarrollo de estudios, así como metodologías que permitan establecer las condiciones reales del ruido en determinados espacios.

La población también adquiere un papel importante, pues necesita estar sensibilizada ante este factor de riesgo y las consecuencias de la exposición al ruido, la manera de protegerse, pero principalmente, la manera

de evitar la generación de ruidos altos, por lo que se requieren programas de información y concientización.

Finalmente, los resultados únicamente presentan la contaminación generada por el ruido de tránsito vehicular, por lo tanto, se deben ampliar los estudios a otros parámetros, como el ruido comunitario, ruido en plazas y centros comerciales; elaborar mapas de ruido y valorar las molestias que provoca el ruido sobre la población en general. Esto permitirá conocer con mayor profundidad la contaminación generada por el ruido y sus efectos.

AGRADECIMIENTOS

Los investigadores agradecen el apoyo y orientación del Departamento de Programas de Apoyo de la Universidad Autónoma de Tamaulipas para el buen desarrollo del proyecto.

REFERENCIAS

- Chang, T.-Y., Lin, H.-C., Yang, W.-T., Bao, B.-Y., y Chan, C.-C. (2012). A modified Nordic prediction model of road traffic noise in a Taiwanese city with significant motorcycle traffic. *Science of the Total Environment*, 432, 375–381. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.06.016>
- Fyhri, A., y Aasvang, G. M. (2010). Noise, sleep and poor health: Modeling the relationship between road traffic noise and cardiovascular problems. *Science of The Total Environment*, 408(21), 4935-4942. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2010.06.057>
- Guedes, I. C. M., Bertoli, S. R., y Zannin, P. H. T. (2011). Influence of urban shapes on environmental noise: A case study in Aracaju - Brazil. *Science of The Total Environment*, 412-413, 66–76. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.10.018>
- Guzmán, R., y Barceló, C. (2008). Estimación de la contaminación sonora del tránsito en Ciudad de La Habana, 2006. *Revista cubana de Higiene y Epidemiología*, 46(2). Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032008000200004&lng=es&tln=es
- Gündogdu, Ö., Gökdag, M., y Yüksel, F. (2005). A traffic noise prediction method based on vehicle compo-

- sition using genetic algorithms. *Applied Acoustics*, 66(7), 799–809. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2004.11.003>
- Hunashal, R. B., y Patil, Y. B. (2012). Assessment of noise pollution indices in the city Kolhapur, India. International Conference on Emerging Economies – Prospects and Challenges (ICEE-2012). *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 37, (pp. 448–457).
- Iglesias-Merchant, C., y Diaz-Balteiro, L. (2013). Noise pollution mapping approach and accuracy on landscape scales. *Science of total, environment*, 449, 115–125. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.01.063>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía [Inegi]. (2016). *Encuesta Intercensal 2015: Banco de indicadores*. Recuperado de <http://www.beta.inegi.org.mx/app/indicadores/#>
- International Standards Organization. [ISO]. (2016). *Acoustics-Description, measurement and assessment of environmental noise. Part 1: Basic quantities and assessment procedures, ISO 1996-1:2016*. Recuperado de <https://www.iso.org/standard/59765.html>
- Kim, K. H., Ho, D. X., Brown, R. J., Oh, J. M., Park, C. G., y Ryu, I. C. (2012). Some insights into the relationship between urban air pollution and noise levels. *Science of Total, environment*, 424, 271–279. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.02.066>
- Laszlo, H. E., McRobie, E. S., Stansfeld, S. A., y Hansell, A. L. (2012). Annoyance and other reaction measures to changes in noise exposure – A review. *Science of The Total Environment*, 435–436, 551–562. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.06.112>
- Li, B., Tao, S., Dawson, R. W., Cao, J., y Lam, K. (2002). A GIS based road traffic noise prediction model. *Applied Acoustics*, 63(6), 679–691. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0003-682X\(01\)00066-4](https://doi.org/10.1016/S0003-682X(01)00066-4)
- Medrano, H., y Antezana, J. (2006). Mapa de ruido de los distritos 10, 11 y 12 de la ciudad de Cochabamba. *Acta Nova*, 3(3), 458-474.
- Mehdi, M. R., Kim, M., Seong, J. C., y Arsalan, M. H. (2011). Spatio-temporal patterns of road traffic noise pollution in Karachi, Pakistan. *Environment International*, 37(1), 97–104. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2010.08.003>
- Mendoza, A., Abarca, E., Mayoral, E. F., y Quintero, F. L. (2004). *Recomendaciones de actualización de algunos elementos del proyecto geométrico de carreteras*. Querétaro: IMT-SCT. Recuperado de <http://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt244.pdf>
- Morelli, X., Foraster, M., Aguilera, I., Basagana, X., Corradi, E., Deltell, A., Ducret-Stich, R., Phuleria, H., Ragetti, M.S., Rivera, M., Thomasson, A., Künzli, N., y Slama, R. (2015). Short-term associations between traffic-related noise, particle number and traffic flow in three European cities. *Atmospheric Environment*, 103, 25–33. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2014.12.012>
- Olague-Caballero, C. O., Wenglas-Lara, G., y Duarte-Rodríguez, J. G. (2016). Contaminación por ruido en carreteras de acceso a la ciudad de Chihuahua. *Ciencia UAT*, 11(1), 101-115. DOI: <https://doi.org/10.29059/cienciauat.v11i1.551>
- Ortega, M., y Cardona, J. M. (2005). Metodología para evaluación del ruido ambiental urbano en la ciudad de Medellín. *Revista facultad nacional de salud pública*, 23(2), 70–77.
- Ögren, M., Molnár, P., y Barregard, L. (2018). Road traffic noise abatement scenarios in Gothenburg 2015 – 2035. *Environmental Research*, 164, 516-521. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.03.011>
- Pacheco, J., Franco, J. F., y Behrentz, E. (2009). Caracterización de los niveles de contaminación auditiva en Bogotá: Estudio piloto. *Revista de ingeniería*, 30, 72–80. DOI: <http://dx.doi.org/10.16924%2Fria.v0i30.230>
- Paunović, K., Jakovljević, B., y Belojević, G. (2009). Predictors of noise annoyance in noisy and quiet urban streets. *Science of The Total Environment*, 407(12), 3707–3711. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2009.02.033>
- Paviotti, M., y Vogiatzis, K. (2012). On the outdoor annoyance from scooter and motorbike noise in the urban environment. *Science of total environment*, 430, 223-230. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.05.010>
- Reyes, R. C., y M. y Cárdenas, J. (2007). *Ingeniería del tránsito: fundamentos y aplicaciones (8ª edición)*. México: Alfaomega.
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes [SCT]. (2006). *Modelación de demanda para carrete-*

ras de cuota. (Manual No. SCT-NIS-0420). Steer Davies y TransDirección General de Desarrollo Carretero. Recuperado de <http://www.sct.gob.mx/normatecaNew/manual-de-modelacion-para-carreteras-de-cuota/>

Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales [Semarnat]. (2013). *Acuerdo por el que se modifica el numeral 5.4 de la Norma Oficial Mexicana NOM-081-SEMARNAT-1994, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición*. México: Diario Oficial de la Federación. Recuperado de http://www.dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5324105

Szeremeta, B., y Zannin, P. H. T. (2009). Analysis and evaluation of soundscapes in public parks through interviews and measurement of noise. *Science of The Total Environment*, 407(24), 6143-6149. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2009.08.039>

Vlachokostas, C., Achillas, C., Michailidou, A. V., y Mousiopoulos, V. (2012). Measuring combined exposure to environmental pressures in urban areas: An air quality and noise pollution assessment approach. *Environment International*, 39(1), 8-18. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2011.09.007>

World Health Organization [WHO]. (2011). *Burden of disease from environmental noise. Bonn Office. Quantification of healthy life years lost in Europe*. JRC European Commission. World Health Organization: Regional Office for Europe. Recuperado de http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0008/136466/e94888.pdf

Zamorano, B., Peña, F., Parra, V., y Vargas, J. I. (2014). Percepción social del ruido urbano. *Ojeando la Agenda*, 32, 2-21.

Zhang, M., Kang, J. y Jiao, F. (2012). A social survey on the noise impact in open-plan working environments in China. *Science of The Total Environment*, 438, 517-526. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.08.082>

NOTAS DE AUTOR

- ^a Maestro en Ciencias con especialidad en Salud Ocupacional por la Universidad Autónoma de Tamaulipas. Es profesor de Tiempo Completo en la Unidad Académica Multidisciplinaria Matamoros, en la licenciatura en Seguridad, Salud y Medio Ambiente, e integrante del Cuerpo Académico de Psicología y Prevención de Riesgos. Correo electrónico: bzamorano@docentes.uat.edu.mx * **Autor de correspondencia.**
- ^b Doctora en Aprendizaje y Cognición por la Universidad de Sevilla. Es profesora de Tiempo Completo en la Unidad Académica Multidisciplinaria Matamoros, en la licenciatura en Psicología. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores y líder del Cuerpo Académico de Psicología, Cognición y Cultura. Correo electrónico: fcardenas@docentes.uat.edu.mx
- ^c Doctora en Educación por la Universidad de Baja California. Es profesora de Tiempo Completo en la Unidad Académica Multidisciplinaria Matamoros, en la licenciatura en Seguridad, Salud y Medio Ambiente. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores e integrante del Cuerpo Académico de Psicología, Cognición y Cultura. Correo electrónico: yovelazquez@docentes.uat.edu.mx
- ^d Doctor en Ciencias de Enfermería por la Universidad Autónoma de Nuevo León. Es Profesor de Tiempo Completo en la Unidad Académica Multidisciplinaria Matamoros, en la licenciatura en Enfermería. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores y líder del Cuerpo Académico de Psicología y Prevención de Riesgos. Correo electrónico: jvargas@docentes.uat.edu.mx
- ^e Maestro en Comunicación Académica por la Universidad Autónoma de Tamaulipas. Es profesor de Tiempo Completo en la Unidad Académica Multidisciplinaria Matamoros, en la licenciatura en Seguridad, Salud y Medio Ambiente, e integrante del Cuerpo Académico Psicología y Prevención de Riesgos. Correo electrónico: vparra@docentes.uat.edu.mx