

El ruido por tráfico vehicular.

*Un análisis preliminar del problema
en la ciudad de México*

Fausto E. Rodríguez Manzo y Elisa Garay Vargas
Universidad Autónoma Metropolitana / Azcapotzalco

Resumen

El problema del ruido ambiental es hoy reconocido como uno de los problemas de mayor impacto en los ecosistemas urbanos, además de que afecta de manera importante la salud física y mental del ser humano. El tráfico vehicular se ha convertido en el principal componente del ruido ambiental en causar molestia a las personas. Este documento aborda este problema, primero desde una óptica general donde se plantea una definición y posteriormente se describe el impacto que este tipo de ruido tiene en la población. También se dan a conocer las herramientas de análisis y evaluación del problema, así como el potencial de los mapas de ruido como instrumentos encaminados a la solución de los problemas de ruido en la ciudad. Finalmente, se presenta como caso de estudio un análisis preliminar del problema del ruido por tráfico vehicular en la ciudad de México planteando algunos escenarios alternativos posibles. Abordar este problema significa dar un primer paso en la concientización del mismo a nivel ciudadano y entrar de lleno en la investigación formal de este problema. La Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco se erige ya como pionera en el estudio de este tema a nivel nacional ya que dicho estudio es resultado de proyectos de vinculación donde se ha desarrollado el Primer Mapa de Ruido para la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM).

Abstrac

The problem of environmental noise is now recognized as one of the *problems of greatest impact on urban ecosystems, and not only that but significantly affects the physical and mental health of human beings. The vehicular traffic noise has become a major component of environmental noise to cause annoyance to people. This paper addresses this problem, first from a general point which raises a definition and then describes the impact that this type of noise on people. Also disclosed the tools of analysis and assessment of the problem and the potential for noise maps as instruments to solve the noise problems in the city. Finally, as a case study presents a preliminary analysis of the noise problem by vehicular traffic in Mexico City posing some possible scenarios. Addressing this problem means to take a first step in the awareness level of the same city and enter fully into the formal investigation of this problem. The Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco stands as a pioneer in the study of this issue nationally and that this study is the result of linkage projects where it has developed the First Noise Map for the Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM).*



Introducción

Las grandes urbes en el mundo enfrentan hoy múltiples problemas del medio ambiente, responsables de la contaminación ambiental. Dentro de este fenómeno se encuentra hoy un capítulo que ha cobrado gran importancia: el de la contaminación acústica. Muchos son los problemas de salud que los seres humanos pueden enfrentar como consecuencia del ruido, en la actualidad existe evidencia de que el ruido ambiental puede dañar de forma importante a la salud, a la sociedad e inclusive a la economía de un país.

Este documento presenta las generalidades de este problema y analiza de forma preliminar el impacto del ruido por tráfico vehicular en la ciudad de México. La primera parte presenta los conceptos generales asociados al problema, donde se define al mismo, sus fuentes sonoras, y las variables implicadas en él. En seguida se aborda el problema del impacto del ruido por tráfico vehicular en la población. Posteriormente se definen las herramientas para el análisis y evaluación del ruido por tráfico vehicular, seguido por una descripción del potencial de los mapas de ruido para el diagnóstico y solución de los problemas de ruido por tráfico vehicular y las posibles estrategias para controlarlo.

El estudio prosigue con el análisis preliminar del ruido por tráfico vehicular en la ciudad de México y finaliza con un ejemplo del manejo de escenarios alternativos con respecto al problema en esta urbe.

La intención es dar a conocer los pormenores de este problema como un asunto serio de tipo urbano y dar pie a nuevas investigaciones que aborden este tema con mayor profundidad. Finalmente es importante mencionar que esta investigación se ha basado en el proyecto de elaboración del Primer

Mapa de Ruido para la ZMM que han desarrollado los autores en combinación con otros académicos y alumnos de la División de Ciencias y Artes para el Diseño de la Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco, proyecto que ha resultado de la vinculación entre esta Universidad y la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal con los recursos del Fideicomiso Ambiental Metropolitano del Valle de México (FIDAM 1490).

El ruido ambiental por tráfico vehicular

El ruido es un problema ambiental importante, particularmente en áreas urbanas, que afecta a un gran número de personas. El ruido es considerado como sonido no deseado o perjudicial, y el ambiental es aquel sonido generado por actividades humanas como el tráfico vehicular, el ferroviario, el transporte aéreo, la industria, la recreación y la construcción. La urbanización, el crecimiento económico y el transporte motorizado son causas importantes del ruido ambiental y de sus efectos en la salud, por ello es reconocido hoy como una manifestación que altera de manera importante los ecosistemas urbanos (OMS, 2010).

El ruido por tráfico vehicular emerge en años recientes como un contaminante siempre presente en nuestras vidas pero generalmente desestimado. Se le considera como la acumulación de emisiones de ruido de todos los vehículos en el flujo de tráfico,

1. Organización Mundial de la Salud (OMS), en inglés World Health Organization (WHO).

2. La carga de morbilidad es una medida de la brecha entre el estado actual de salud y la situación ideal en que todas las personas llegan a la vejez exentas de enfermedades y discapacidades (López, 2006:4)

donde cada vehículo tiene una combinación de fuentes sonoras propias que definen la emisión total del vehículo (FEHRL, 2006). De esta forma, la presencia, operación y flujo de vehículos automotores de diversos tipos, tamaños y motores, y el efecto del rodamiento de los mismos sobre diversos tipos de superficies y pavimentos, determinan el ruido por tráfico vehicular, considerado como una de las mayores molestias por ruido a las personas, a las cuales las afecta inclusive dentro de su hogar. De hecho, el ruido por tráfico vehicular impacta a más personas que cualquier otra fuente de ruido ambiental, y puede afectar la habilidad en el trabajo, el aprendizaje, el descanso y el sueño, entre otras situaciones y actividades humanas, hasta afectar de forma importante la salud física y mental (Traffic Noise, 2011).

El doctor Dora (OMS, 1998) menciona que "paradójicamente, el uso del automóvil en las ciudades promueve el estilo de vida sedentario. El incremento de la actividad física, en especial caminar y andar en bicicleta, reducirán la mortalidad y la discapacidad de enfermedades crónicas y mejorarían la calidad de vida".

Los impactos en la salud del ruido ambiental son una preocupación creciente (OMS, Burden of disease...), la carga de morbilidad,² es decir, la pérdida de salud por todas las causas de enfermedad y defunción por efecto del ruido ambiental, indica que al menos un millón de años saludables se pierden cada año por ruido de tráfico vehicular en Europa occidental, incluyendo enfermedades cardiovasculares, deterioro cognitivo, trastornos del sueño, tinnitus y molestia general.

Las fuentes sonoras del tráfico vehicular

Las principales fuentes sonoras de un vehículo son la unidad de potencia (el motor, la entrada de aire

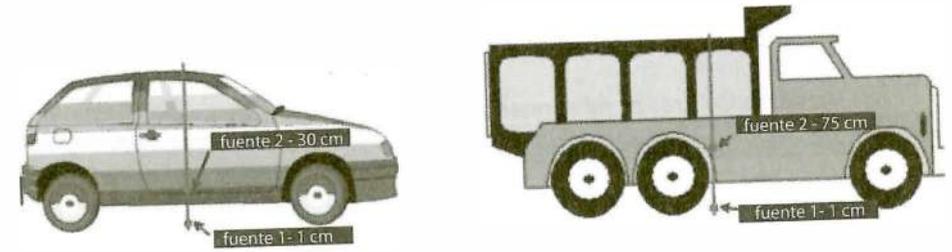


Figura 1. Ubicación de fuentes sonoras por tipo de vehículo (Imagine, 2007:14-15).

el escape), el ventilador, la transmisión (la caja de cambios y los ejes), la interacción de los neumáticos con el pavimento, la aerodinámica, los frenos, el traqueteo del vehículo y la carga. Así podemos dividir el ruido, en ruido de propulsión (unidad de potencia, transmisión), y ruido de rodamiento, donde el ruido dominante es el ruido neumático/pavimento. Los aspectos anteriores dependen del tipo de vehículo, de su velocidad, del estado de conducción (bocinas, arrancones, escape abierto, rechinado de llantas, frenado brusco, volumen del radio y otros) y la respuesta acústica de la superficie de rodamiento (FEHRL, 2006: 17).

De esta forma podemos localizar dos puntos donde los niveles de ruido por rodamiento y ruido por propulsión se distribuyen en un vehículo (Figura 1). El ruido de propulsión puede medirse en un punto que va de 30 cm a 75 cm para vehículos ligeros y pesados respectivamente y el ruido por rodamiento se puede medir a 1 cm de altura muy cerca de la superficie de rodamiento.

cuando el tráfico está congestionado y los vehículos no viajan a una velocidad constante, como sucede en las ciudades, el ruido de propulsión es el de mayor presencia. Sin embargo el ruido por

rodamiento no sólo es materia de autopistas, sino que en las vías de alta velocidad así como aquellas vías que se congestionan en el día, pueden ser fuentes sonoras por las noches, cuando ya están despejadas.

Así no sólo el diseño de los motores y la aerodinámica son esenciales para el control de ruido de los vehículos, también el diseño de los neumáticos y el de las superficies de rodamiento, donde la rugosidad o textura de la superficie, el patrón de textura y el grado de porosidad de la estructura de la superficie son los principales factores, siendo este último el que define el grado de absorción sonora de la superficie (/bid.).

Variables implicadas en el ruido por tráfico vehicular

El proyecto Imagine (2007: 15), que se ha planteado desarrollar metodologías para el modelado de las fuentes emisoras de ruido en la ciudad en el marco de la Comunidad Europea (CE), plantea una serie de variables que son fundamentales para el conocimiento y el modelado del tráfico vehicular y que influyen en la potencia de la fuente sonora del tráfico. Estas variables se resumen en la siguiente tabla:

Tabla I. Variables del tráfico relacionadas con el ruido por tráfico vehicular (Imagine, 2007:17)

Variables del tráfico relacionadas con el ruido por tráfico vehicular		
Parámetro	Descripción	Unidad
Flujo vehicular: <ul style="list-style-type: none"> • Vehículos para pasajeros • Camiones ligeros • Camiones pesados • Motocicletas 	Número total de vehículos por clase de vehículo, por unidad de tiempo, por toda la carretera o carril de la carretera La unidad de tiempo es generalmente una hora, la velocidad del vehículo se da generalmente en km/h, es necesario separar la información por tiempo de vehículos (pesados y ligeros).	Tipo de vehículo/h ¹
Velocidad del vehículo: <ul style="list-style-type: none"> • Vehículos para pasajeros • Camiones • Motocicletas 	La velocidad de conducción de los vehículos por clase de vehículo puede ser: <ul style="list-style-type: none"> • Velocidad puntual para cada vehículo. • Distribución de velocidades donde éstas se dan por rangos sucesivos y porcentaje de vehículos en cada rango. • Promedio vehicular para cada tipo de vehículo. 	km/h
Aceleración y desaceleración: <ul style="list-style-type: none"> • Vehículos para pasajeros • Camiones • Motocicletas 	El valor de aceleración por tipo de vehículo, siendo negativo por la desaceleración del vehículo puede ser: <ul style="list-style-type: none"> • Un valor para cada vehículo • Distribución de aceleraciones donde las aceleraciones se dan por rangos sucesivos y porcentaje de vehículos por cada rango. • Promedio de aceleración para cada tipo de vehículo. 	m/s ²

Los principales parámetros del tráfico que se desprenden de lo anterior son: la intensidad del tráfico (el flujo), la velocidad del tráfico y la composición del tráfico (Imagine, 2007: 15). Un análisis individual de estos y de parámetros asociados a ellos nos brindan la siguiente información:

- Intensidad del tráfico. Los niveles de ruido obtenidos por periodos largos de tiempo

dependen del número de vehículos que pasan de manera logarítmica; esto significa que doblar la cantidad de la intensidad del tráfico a una velocidad promedio constante y composición vehicular similar resultaría solamente en un incremento de 3 dB.

- Velocidad del tráfico. La emisión de ruido de un vehículo individual se incrementa con la

velocidad de una forma un tanto complicada ya que la dependencia de la velocidad del ruido de rodamiento es diferente que la del ruido de propulsión, arriba de 40 km/h el nivel de ruido equivalente se incrementa linealmente en 1 dBA cada 10 km/h de velocidad, por debajo de los 40 km/h se da una relación no lineal ya que el vehículo produce ruido debido a una posición específica relacionada con el receptor por mayor tiempo que un vehículo veloz. De 15 a 40 km/h el cambio en el nivel de ruido es menor a 1 dBA por cada 10 km/h.

- Distribución de la velocidad. No todos los vehículos de cada tipo van a la misma velocidad, la distribución de las velocidades de los vehículos es un porcentaje del flujo vehicular que conduce a cierto rango de velocidad, por ejemplo: 15% a 40-50 km/h, 30% a 50-60 km/h y así sucesivamente.
- Aceleración y desaceleración. La dependencia de la emisión de ruido en la aceleración/desaceleración no es lineal ya que depende de la velocidad del vehículo y es diferente para cada tipo de vehículo.
- Composición del tráfico. Vehículos pesados y medio pesados producen más ruido que los vehículos ligeros y pueden dominar los niveles totales de ruido, aun cuando el número de vehículos pesados sea bajo. En el caso de las motocicletas no existen datos suficientes para estimar su influencia en la emisión total del ruido, hasta el momento los niveles totales de este tipo de vehículos quedan ligeramente por encima de los vehículos de pasajeros, aunque existen casos en los que llegan a ser dominantes en ciertas bandas de frecuencia.

Hasta aquí tenemos una idea de lo que hablamos cuando nos referimos al ruido por tráfico vehicular y sus componentes. Pero quizá el aspecto más importante del ruido por tráfico vehicular, así como el ruido en general, es su impacto en la población, el cual se enfoca de manera muy importante en los aspectos de salud.

El impacto del ruido por tráfico vehicular

Existe suficiente evidencia a nivel de estudios epidemiológicos que ligan la exposición de la población al ruido ambiental con efectos de salud adversos. Por ello el ruido ambiental debería considerarse no solamente como una causa de molestia, sino también una preocupación de salud pública y ambiental (OMS, Burden of disease *from...*, p. XVII). Así la OMS publica una nota periodística en marzo de 2011 (OMS, Information *for the media*) donde explica, como conclusión del primer reporte de evaluación de la carga de morbilidad por ruido ambiental en Europa, que recientemente se ha determinado que el impacto del ruido relacionado con el tráfico vehicular, representa más de un millón de años saludables de vida perdida anualmente por enfermedad, discapacidad o muerte prematura. Por lo que el ruido causa o contribuye no solamente a la molestia y a la perturbación del sueño, sino también a los ataques del corazón, a las discapacidades de aprendizaje y al daño auditivo.

Para calcular la carga de morbilidad debida al ruido ambiental, se ha expresado en años de vida

3. DALYs por sus siglas en inglés: disability-adjusted life years, "años de vida ajustados por discapacidad".

ajustados por discapacidad (DALYs)³ y que son la suma de los años de vida potencial perdidos debido a la muerte prematura y a los años equivalentes de vida saludable perdidos en virtud de estar en estado de mala salud y discapacidad.

Se estima que los DALYs perdidos por ruido ambiental en países de Europa occidental son 61 mil años por enfermedad isquémica del corazón, 45 mil años por discapacidad cognitiva en niños, 903 mil años por perturbación del sueño, 22 mil años por tinnitus y 587 mil por molestia. Si todos estos DALYs se consideran en conjunto, la carga de morbilidad es de entre 1 y 1.6 millones, esto quiere decir que al menos un millón de vidas saludables se pierden cada año por ruido relacionado con el tráfico vehicular en los países mencionados. La perturbación del sueño y la molestia relacionada por ruido por tráfico vehicular constituyen la mayor carga de morbilidad por ruido ambiental en Europa occidental.

Todos los datos y situaciones que hasta el momento se han presentado tienen que ver con Europa ya que en México, como puede adivinarse, existe una carencia de este tipo de estudios e información. Una reflexión importante es que en los países europeos se considera que el ruido es un factor que está regulado por normas internacionales y sin embargo aún así aparecen este tipo de datos que llaman a una alerta acerca del problema. Habría que pensar entonces ¿Qué es lo que en la ciudad de México está sucediendo al respecto?

No es posible ocultar que en la ciudad de México y el Área Metropolitana existe un problema de ruido, concretamente un problema de ruido por tráfico vehicular, motivo por el cual son aplicables todos los conceptos antes mencionados. De aquí podemos en una primera aproximación establecer

que la calidad de vida en esta ciudad se ve aparentemente disminuida de forma importante por este problema. Es entonces crucial iniciar un estudio que evidencie la situación del ruido y su impacto en la población en México.

Uno de los aspectos más importantes que de alguna forma determinan el nivel de calidad de vida con respecto al ruido ambiental, son los niveles sonoros, que se expresan en niveles L_{den} y $L_{ni,ght}$ en dBA, que son niveles sonoros en la escala de ponderación A, que describen numéricamente los niveles en concordancia con la percepción humana. El L_{den} se refiere a los niveles promediados día-tarde-noche y el $L_{ni,ght}$ al nivel nocturno exclusivamente, generalmente entre las 10 pm y las 6 am, estos criterios permiten hacer un análisis de las condiciones de ruido ambiental en general.

La Tabla 11 (Descripción de los efectos de exposición al ruido a varios niveles) muestra una escala de niveles sonoros para L_{den} y $L_{ni,ght}$ donde se describe en cada uno el efecto que causan los mismos.

Los niveles que se presentan en esta tabla pueden servir de parámetro para determinar el nivel de impacto que el ruido por tráfico vehicular tiene en las personas en varios niveles, y estos pueden clasificarse en grupos que van de aceptables a inaceptables, como se muestra en la Tabla 11 (Clasificación de los niveles de ruido).

Esta clasificación se establece agrupando los niveles de tal forma de poder definir las distintas áreas afectadas por el ruido en una ciudad, y es aplicable al caso de la ciudad de México.

Para iniciar un estudio profundo de las condiciones de ruido ambiental en la ciudad de México, se darán a conocer primero cuáles son las herramientas que existen para ello en el siguiente apartado.

Tabla 11. Descripción de los efectos de exposición al ruido a varios niveles (WG-AEN, 2008)

L_{den}	$L_{ni,ght}$	Descripción
50-54 dBA	40-44 dBA	El ruido es aparentemente notorio, pero en general no será considerado mayormente intrusivo en áreas urbanas. En áreas rurales puede considerarse intrusivo, debido a que la expectativa de tranquilidad es mayor.
50-59 dBA	45-49 dBA	Generalmente el ruido llega a ser intrusivo aun en ambientes urbanos.
60-64 dBA	50-54 dBA	Generalmente el ruido será considerado como alto, pero excepcionalmente no se considerará así en áreas urbanas.
65-69 dBA	55-59 dBA	Generalmente los niveles de ruido parecen ser como altos, aun en áreas urbanas.
70-74 dBA	60-64 dBA	Generalmente el ruido será considerado altamente indeseable.
75 dBA	65 dBA	A medida que el ruido se incrementa, los efectos adversos llegan a ser más significativos en términos de perturbación seria.

Tabla 11.1 Clasificación de niveles de ruido

L_{den}	$L_{ni,ght}$	Clasificación
50-54 dBA	40-44 dBA	Aceptable
55-64 dBA	45-54 dBA	Tolerable
65-69 dBA	55-59 dBA	Molesto
≥ 70 dBA	≥ 60 dBA	Inaceptable

Herramientas para el análisis y evaluación del ruido por tráfico vehicular

Existen dos formas para conocer las condiciones de ruido ambiental de una localidad determinada: las mediciones acústicas y los mapas estratégicos de ruido. La primera forma y la más directa consiste en la realización de mediciones acústicas en sitio, almacenando los datos obtenidos por los periodos que se deseen y que pueden ir, para su posterior análisis, desde minutos hasta años completos. En este rubro los parámetros L_{den} y $L_{ni,ght}$ se obtienen

mediante la aplicación de relaciones matemáticas, como la siguiente ecuación (1) (EC, 2002:2), que define el nivel continuo para un día completo tomando en cuenta 12 horas para el día, 4 horas para la tarde y 8 horas para la noche, en dBA :

$$L_{den} = 10 \lg \left[\left(\frac{12}{24} \cdot 10^{\frac{L_{día}}{10}} + \frac{4}{24} \cdot 10^{\frac{L_{tarde}}{10}} + \frac{8}{24} \cdot 10^{\frac{L_{noche}}{10}} \right) \cdot 10^{\frac{L_{ref}}{10}} \right] \text{ dBA} \quad (1)$$

donde,

L_{den} = nivel de ruido de acuerdo a la Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo del Consejo (EC, 2002)

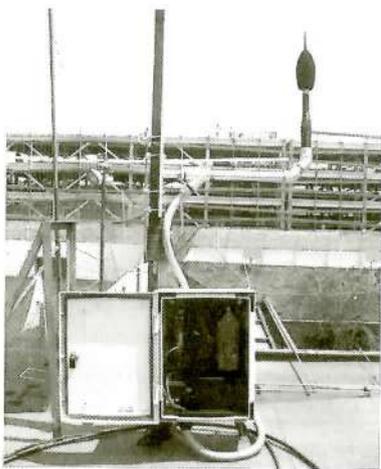


Figura 2. Estación de monitoreo de ruido. Figura 3. Mapa de ruido.



Una aplicación de este tipo a escala mayor puede establecerse mediante sistemas de monitoreo de ruido (Figura 2), donde se ubican sensores de ruido en puntos estratégicos, para levantar así una cantidad importante de datos, los cuales se almacenan en un servidor y se procesan para su análisis.

Mediante estos sistemas de monitoreo puede obtenerse:

- Un patrón de comportamiento del ruido de acuerdo al tiempo de monitoreo (día, semana, mes, año) o por días y épocas específicas.
- Una comparación de patrones de ruido que permite encontrar diferencias y similitudes para un análisis más específico.
- Un conocimiento de la evolución y de las tendencias del ruido a lo largo de un tiempo determinado.

Otra herramienta que permite un conocimiento de lo que históricamente ha pasado en materia de ruido y que además, a partir de esos datos históricos,

se pueda predecir el comportamiento del ruido en el futuro, se presenta en los llamados mapas de ruido (Figura 3): "Un *mapa estratégico de ruido* es un mapa diseñado para evaluar globalmente la exposición al ruido en una zona determinada, debido a la existencia de distintas fuentes de ruido, o para realizar predicciones globales para dicha zona a partir de la contribución de las diferentes fuentes de ruido existentes" (EC, 2002).

Los mapas de ruido constituyen un instrumento técnico-científico para comprender de manera objetiva, prevenir y determinar la solución de los problemas de ruido de una gran ciudad; son ante todo una herramienta de planeación y fuente de información confiable de tal forma que tiene como principal objetivo prever y reducir los efectos adversos que genera la exposición de ruido ambiental en los seres humanos.

Los mapas de ruido se pueden construir mediante los datos obtenidos a través de mediciones acústicas o mediante la obtención de datos estadísticos



Figura 4. Ejemplos de mapas de ruido en el mundo (véase referencias de páginas web).

relacionados con las distintas fuentes sonoras que se encuentran en la ciudad. De aquí que un mapa de ruido enfocado al ruido por tráfico vehicular requiera de datos estadísticos relacionados con el comportamiento de los vehículos, su flujo y las condiciones físico-espaciales de la ciudad.

Para el caso de la ciudad de México, ambas herramientas son útiles para el estudio de las condiciones de ruido de la gran urbe, sin embargo la forma más objetiva de enfrentarse al problema del ruido por tráfico vehicular de manera general en esta ciudad es mediante el desarrollo de un mapa de ruido que se construya con los datos que se han recopilado a lo largo de los años.

La construcción de un mapa de ruido se basa entonces en la posibilidad de obtener datos que puedan introducirse en un programa de cómputo especializado que permita el modelado físico-espacial y estadístico, y el cálculo de los niveles sonoros resultantes a lo largo de las vías de tráfico vehicular, que constituyen la red de vialidades de la ciudad, y obtener de esta forma su representación gráfica.

La comunidad europea ha impulsado mediante la Directiva 2002/49/EC del Parlamento Europeo la elaboración de mapas de ruido de las ciudades importantes de los países miembros de la misma y a la fecha estos países cuentan además con páginas web donde se difunde entre la población el problema del ruido ambiental en sus ciudades.

El potencial de los mapas de ruido para el diagnóstico y solución de los problemas de ruido por tráfico vehicular

Los mapas de ruido no son solamente imágenes gráficas de una situación de ruido determinada, también ofrecen una serie de posibilidades para estudiar a fondo el problema y plantear posibles soluciones pudiendo evaluarlas a través de ellos.

La utilidad de los mapas de ruido se sustenta en tres pilares fundamentales:

Diagnóstico. Conocer la situación actual en materia de ruido ambiental que existe en la ciudad.

Difusión. Dar a conocer entre la población los niveles de ruido ambiental y los posibles efectos que pueden causar.

Planeación. Desarrollar planes, normas y políticas encaminadas al control de ruido y la preservación de áreas acústicamente valiosas.

Ejecución. Instaurar acciones para aplicar los instrumentos de planeación con el objeto de reducir el impacto por ruido ambiental en zonas específicas y preservar las áreas que se encuentran con niveles acústicos aceptables.

De esta manera, los mapas de ruido permiten prever los posibles escenarios que se podrían dar en caso de que se apliquen ciertas medidas que ayuden a mitigar el impacto por ruido. Estas medidas y acciones

se desprenden de un abanico de posibles estrategias, de donde se puede seleccionar la más adecuada o más viable, para generar nuevos escenarios, cuyo impacto es posible conocer con antelación.

Alguna de las aplicaciones que parten del análisis y evaluación de los mapas de ruido son:

- Análisis de niveles sonoros. Este tipo de análisis está enfocado a conocer desde distintas ópticas los niveles sonoros que impactan sobre áreas o elementos específicos. Su objetivo es conocer los niveles sonoros desde lo general hasta lo muy particular.
- Estudios de población. Los relacionados con el ruido buscan datos más específicos del impacto que el ruido tiene sobre la población desde diferentes puntos de vista como son: la densidad, la edad y el género, entre otros. Es importante contar con la información de distribución de la población por áreas específicas para poder determinar la cantidad de personas afectadas en cada caso.
- Estudios físico-espaciales. Este tipo de estudios responde al análisis de los elementos físicos que componen la ciudad y sus características particulares. Una primera aplicación puede ser el impacto que los niveles sonoros tienen sobre las fachadas de los edificios o el estudio de la configuración geométrica y de materiales que componen la estructura urbana. Estos estudios están concentrados en los aspectos materiales de la ciudad y su interacción con los niveles de ruido.
- Estudios de zonificación. Estos estudios se caracterizan por la definición de los diversos usos del suelo para determinar por áreas diferentes niveles de sensibilidad al ruido. Un ejemplo de estos estudios puede ser la determinación de áreas con alta sensibilidad al ruido como los

hospitales o escuelas en donde se regulen o restrinjan determinadas actividades que estén relacionadas directamente con el ruido, así como también la identificación de zonas de conflicto vehicular, áreas de concentración de actividades comerciales o recreativas, áreas de construcción de infraestructura, áreas industriales y áreas de manifestaciones sociales y culturales.

- Análisis del impacto de políticas y reglamentos. Estos análisis consideran el hecho de que los problemas del ruido en la ciudad se han estudiado y analizado a fondo para poder llegar al desarrollo e implementación de políticas, normas y reglamentos.

Posibles estrategias para el control del ruido por tráfico vehicular

Las condiciones de ruido por tráfico vehicular que se presentan en las ciudades y que son diagnosticadas mediante el uso de los mapas de ruido, tienen que ser sujetas a un análisis minucioso que determine el nivel de impacto en la estructura urbana y en la población. Es importante definir sobre qué áreas es necesario aplicar medidas de control, como las que requieren preservar los niveles sonoros existentes o aquellas cuyo paisaje sonoro es significativo y valioso.

Según Kotzen (1999) existen varias posibilidades y estrategias para el mejoramiento del ambiente sonoro y la disminución del impacto del ruido por tráfico vehicular:

- Reducción de ruido por tipo de pavimento. En algunas ciudades del mundo ésta es una de las aplicaciones más utilizadas para aminorar el nivel sonoro ambiental ocasionado por los vehículos, mediante la utilización de pavimentos

con mejores características acústicas, pues éstos tienen mayores propiedades de absorción sonora por su porosidad y composición (FEHRL, 2006).

- Reducción de ruido por tipo de neumático. Otra de las aplicaciones más utilizadas en países con una alta preocupación por la contaminación por ruido es la sustitución de los neumáticos normales por otros que han mejorado sus características mediante la aplicación de nuevas tecnologías. En la Comunidad Europea se ha regulado el tipo de neumáticos utilizados para aminorar las emisiones de ruido (Imagine, 2004).
- Reducción de ruido en motores de vehículos. Esta es una de las opciones más efectivas para aminorar las emisiones de ruido por los vehículos, como se muestra en la Figura 1, una de las fuentes generadoras de ruido en los vehículos son los motores, siendo éstos los que mayores niveles de ruido presentan. La tecnología utilizada hoy en día para la fabricación de nuevos vehículos trae como consecuencia una mejora en los niveles de ruido emitidos, ya que los procesos de manufactura siguen procesos y normas ya establecidas para aminorar el ruido de los motores.
- Reducción de los volúmenes por tráfico vehicular. En este tipo de acciones se estudian varias posibilidades para reducir los niveles de ruido al mejorar los flujos vehiculares. Según Imagine (2004), estas acciones se pueden dividir en tres grupos: aforos vehiculares, composición del tráfico y condiciones del tráfico.
- Planeación y construcción de infraestructura. La infraestructura es un aspecto físico que permite controlar el ruido mediante elementos constructivos localizados. Las obras de infraestructura de carácter público son un tipo

de solución que deben ser planeadas para que armonicen con el paisaje urbano, no causen conflictos y no deterioren la imagen urbana de la ciudad.

- Barreras acústicas. Las barreras acústicas son utilizadas como elementos verticales u horizontales que separan a la fuente sonora del receptor.
- Taludes. A diferencia de las barreras acústicas, los taludes son elementos masivos generalmente en forma piramidal, construidos con materiales naturales, lo que les da un aspecto más amable que las barreras acústicas. Uno de los problemas que presentan los taludes es que es necesario tener el espacio suficiente para su construcción, motivo por el cual es más difícil que se integren en espacios urbanos cuando no se ha realizado una planeación al respecto.
- Modificación de alturas en vialidades. Este tipo de elementos tiene que ver con una planeación previa, ya que son obras de gran magnitud que se realizan como puentes elevados o pasos a desnivel.
- Protección de las construcciones. En este sentido se hace énfasis en la modificación física de las construcciones mediante la utilización de materiales y elementos que impidan que el ruido se filtre hacia el interior de los edificios. Estas acciones no siempre son posibles en edificios donde la protección acústica no fue planeada desde un inicio, por ello es muy importante que este tipo de protecciones se prevean y planeen desde el proyecto mismo, para lo cual se debe de contar con normas que obliguen a los arquitectos y a los constructores a controlar toda edificación.

Los programas computacionales especializados en mapas de ruido generalmente cuentan con los recursos para modelar físicamente todas las posibilidades anteriormente descritas, y para modificar los diferentes escenarios de los flujos vehiculares, tomando en cuenta sus composiciones, velocidades y características físicas de las vialidades, por lo cual este tipo de aplicaciones puede visualizarse con anticipación para conocer el impacto de las mismas.

Análisis preliminar del ruido por tráfico vehicular en la ciudad de México

Hasta el momento se ha abordado el problema del ruido por tráfico vehicular de manera general y se ha definido al mismo, su impacto en el ser humano, las herramientas para su análisis y evaluación, el potencial de los mapas de ruido y las posibles estrategias para la disminución del ruido por tráfico vehicular en las ciudades.

El análisis que a continuación se presenta se ha basado en los datos obtenidos a través del proyecto de elaboración del Primer Mapa de Ruido para la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), realizado entre la Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco (UAM-A) y la Secretaría del Medio Ambiente (SMA) del Gobierno del Distrito Federal (GDF), mismo que ha sido apoyado con recursos del Fideicomiso Ambiental 1490 del Valle de México FIDAM 1490, de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat).

Se trata de un proyecto desarrollado por primera vez en México, a partir de la información estadística que ha podido recopilar y facilitar la SMA, información básicamente de catastro del Distrito Federal (2007) y aforos vehiculares (2003) de la ZMVM, y

el levantamiento de las características físicas de las vialidades principales, desarrollado por académicos y alumnos de la UAM-A. De esta forma se ha logrado una primera aproximación al problema del ruido por tráfico vehicular fundamentalmente en el área comprendida por la ciudad de México.

Realizar un primer mapa de ruido para la ZMVM ha significado crear uno de los mapas de ruido más grandes que se hayan desarrollado hasta la fecha, en la Figura 5 se presenta una comparación de las áreas de algunas de las ciudades en el mundo que cuentan con un mapa de ruido, comparadas aquí con el área que ocupa solamente la ciudad de México, que es el área de estudio para este análisis.

Este estudio se ha desarrollado a partir del análisis de este primer mapa de ruido como una primera indagación del impacto del ruido por tráfico vehicular en la ciudad de México y su representación gráfica, donde se han diferenciado las áreas con mayores niveles de ruido por tráfico vehicular en secciones específicas de 6.25 km².

La metodología empleada partió de un análisis estadístico de las áreas de ruido de la ciudad, para aplicar la clasificación de la Tabla III y obtener de esta forma una primera imagen gráfica de la situación del ruido por tráfico vehicular en la ciudad de México, donde quedan explícitas las áreas con niveles que van de lo aceptable a lo inaceptable, en un ejercicio que se basa en los datos obtenidos y que por ello no representan más que una aproximación al problema. El resultado de dicho análisis se presenta en el mapa de la Figura 6.

En este mapa se puede percibir la escala antes mencionada a partir de una escala de grises, quedando el más claro como aceptable, después le sigue tolerable, continua molesto y el más oscuro como inaceptable, con niveles intermedios.

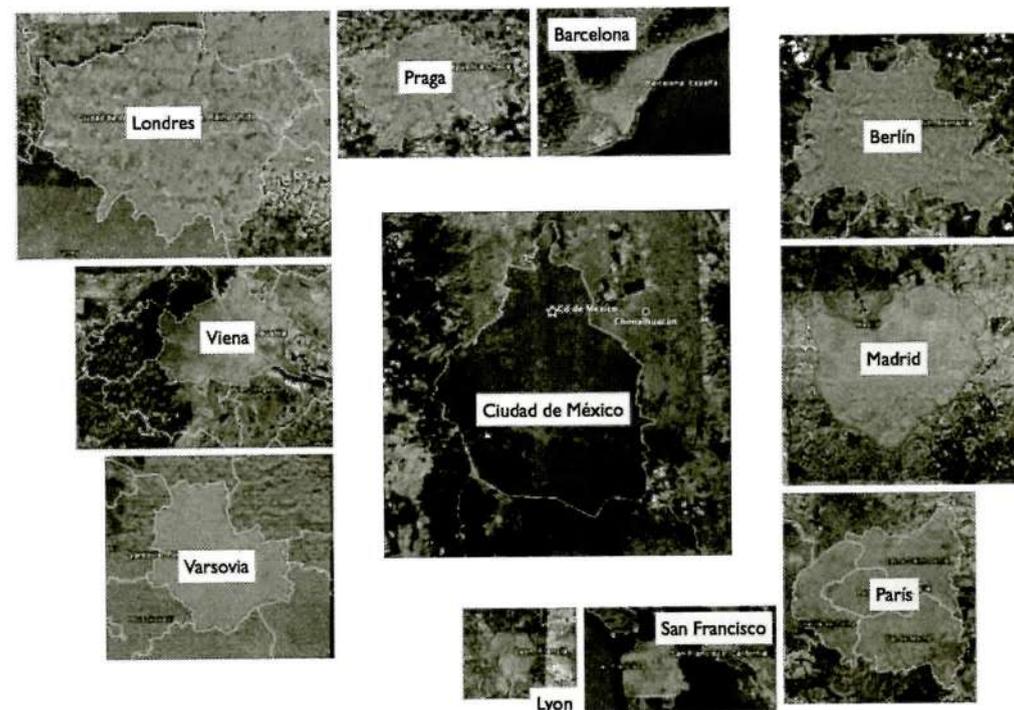


Figura 5. Comparación de área de la ciudad de México con otras ciudades del mundo que cuentan con un mapa de ruido.

La metodología que se ha empleado se explica con mayor detalle en la Figura 7, donde en cada sección que ahí se muestra, se presenta a nivel de porcentaje el impacto de los distintos niveles sonoros por áreas de ruido. Así, en esta figura se puede observar del lado izquierdo el mapa de ruido correspondiente al área analizada, seguido de una gráfica circular donde se muestran los porcentajes de área cubiertos por cada nivel sonoro, con la escala de grises utilizados en el mapa, véase el lado derecho, se muestra en escala vertical la proporción correspondiente a la clasificación de acuerdo a la

Tabla III, en donde quedan agrupados los niveles de ruido en las cuatro categorías antes descritas.

Los tres ejemplos mostrados en la Figura 7 corresponden a tres áreas por ruido de tráfico vehicular representativas en la ciudad de México, la primera, en el mapa general, se clasifica como aceptable, la segunda se clasifica como molesta/inaceptable y la tercera representa una categoría de inaceptable, y que corresponde al gris más oscuro del mapa general (Figura 6).

La primera sección de la Figura 7, corresponde a la sección del área de Magdalena Contreras-San

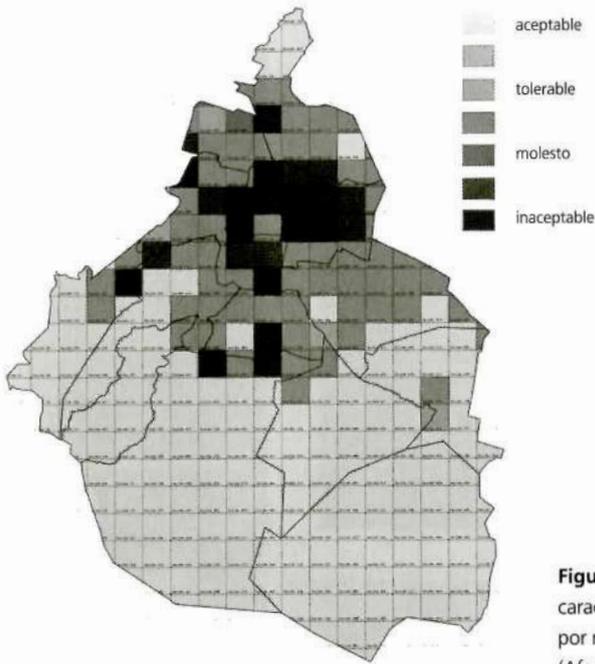


Figura 6. Análisis comparativo de diversas zonas características. Clasificación de los niveles sonoros por ruido de tráfico vehicular en la ciudad de México (Aforos vehiculares, 2003).

Jerónimo donde las avenidas San Jerónimo, San Bernabé y Luis Cabrera representan las fuentes principales de ruido por tráfico vehicular. En dicha área los niveles de ruido se concentran en las vialidades y no tienen mayor impacto en la zona.

El caso de la Figura 7 corresponde a la zona de Insurgentes-Mixcoac y se observa que el anillo Periférico, la avenida Revolución y el circuito interior Río Mixcoac son las fuentes sonoras principales de ruido por tráfico vehicular, aquí se observa que la influencia de dichas vialidades permea hacia el interior de las diversas áreas, en su mayoría residenciales, impactando con ello a la zona de manera importante. La última sección de la Figura 7 corresponde al área del circuito interior Río Consulado entre el Eje

Central Lázaro Cárdenas y la avenida Congreso de la Unión, en la zona de Peralvillo, Emiliano Zapata y Vallejo, donde es evidente que el circuito interior Río Consulado es una fuente sonora de alto impacto haciéndose esto explícito en las áreas de color azul, violeta y morado aledañas, por lo que puede considerarse esta zona, de forma preliminar, como una de las zonas con mayor impacto por ruido de tráfico vehicular en la ciudad de México. Puede percibirse además la influencia de las vialidades principales como son Canal del Norte, Paseo de la Reforma y Ferrocarril Hidalgo.

De esta forma podemos entender de manera inicial el comportamiento del ruido por tráfico vehicular en la ciudad de México, ya que el mapa

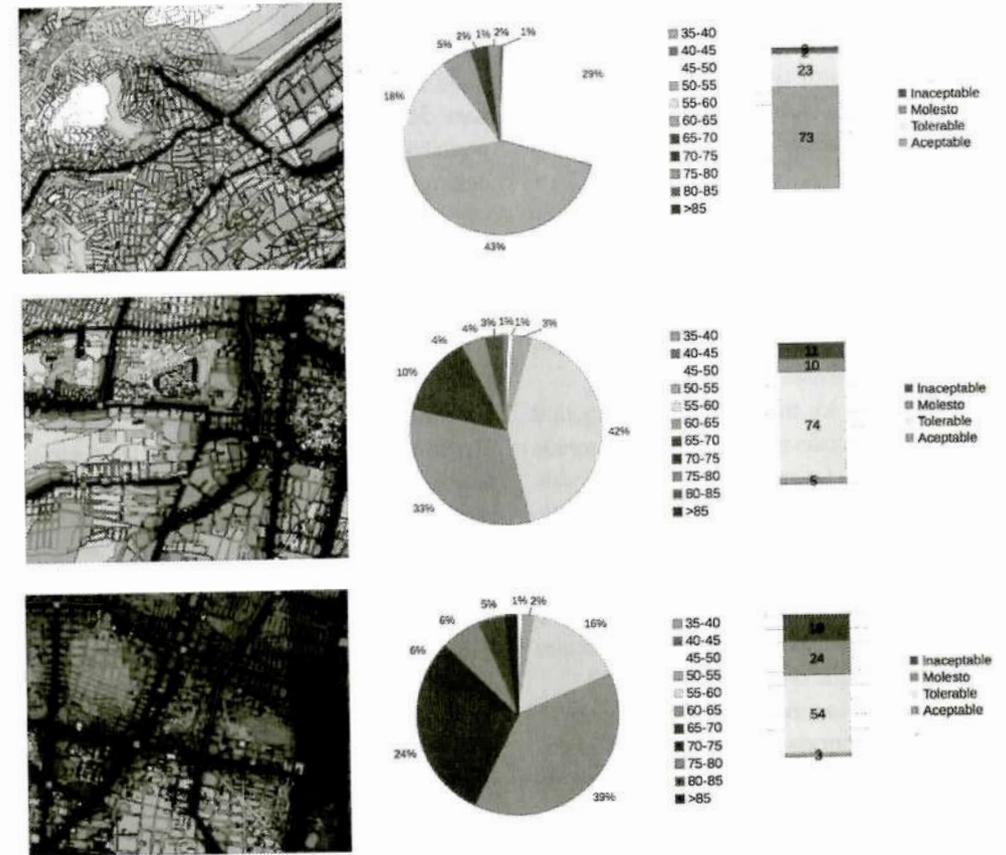


Figura 7. Tres secciones típicas de análisis del ruido por tráfico vehicular en la ciudad de México (Aforos vehiculares, 2003).

general (Figura 6) es sólo una primera aproximación a un análisis del ruido por tráfico vehicular en la ciudad de México, y sólo se puede considerar como eso, ya que es necesario actualizar las bases de datos de aforos vehiculares, vialidades y estructura urbana.

Manejo de escenarios alternativos con respecto al ruido por tráfico vehicular en la ciudad de México

La utilidad del mapa de ruido no sólo se limita a mostrar el impacto de ruido por tráfico vehicular en la ciudad de México, también permite abordar de otras maneras la problemática del ruido ahí.

Así se llevó a cabo un análisis de tres zonas de la ciudad de México, donde se intervinieron y modificaron los datos originales de aforo vehicular con objeto de simular la aplicación de alguna política vial para reducir el impacto del ruido por tráfico vehicular.

Los resultados de dicho análisis se muestran en las secciones de la Figura 8 en donde se simulan diferentes escenarios para reducir el impacto de ruido por tráfico vehicular. Estos diferentes escenarios corresponden a la modificación de algunas variables como las que se señalan en la Tabla I.

En general, en los tres gráficos de la Figura 8 se observa la reducción en la dispersión del sonido hacia el interior de las zonas adyacentes a la vialidad de estudio, en este caso, el circuito interior Río Consulado a la altura de la avenida Gran Canal, en la delegación Gustavo A. Madero. Dicha dispersión está directamente relacionada con la velocidad máxima, así como con la cantidad de vehículos pesados y ligeros que circulan en ella.

En la primera sección (Figura 8) se muestran las condiciones normales modeladas en el mapa, esta información parte, como ya hemos dicho, de aforos vehiculares del 2003 (Setravi), donde el aforo promedio de vehículos por hora, incluye 7% de tráfico pesado. En la segunda sección se muestra el mismo aforo, donde se elimina el porcentaje de vehículos pesados en la vialidad y en la tercera sección se realiza una reducción adicional de 25% del aforo total promedio.

Esta comparación entre los distintos casos mencionados, muestra el impacto que tienen las vialidades, por las cuales transita un alto porcentaje de vehículos pesados, sobre las zonas adyacentes a las mismas, de tal forma que el sonido permea hacia el interior de las colonias con mayor intensidad

y distancia, aumentando así el número personas afectadas por una vialidad.

Al aplicar diferentes alternativas en una zona para disminuir los niveles de ruido, tenemos la posibilidad de tomar decisiones encaminadas al desarrollo de políticas en materia de ruido y finalmente a las acciones que solucionen el problema.

Conclusiones

Se ha realizado un primer análisis acerca del ruido por tráfico vehicular en la ciudad de México. Para ello se han modelado y calculado las vialidades principales de la urbe, con base en los datos obtenidos acerca de la estructura urbana (2007) y de los aforos vehiculares (2003). Del análisis efectuado se obtuvieron datos que se han comparado con una clasificación de los niveles de ruido ambiental (Tabla 11) donde se agruparon los niveles sonoros en categorías que van de lo aceptable a lo inaceptable. Así se construyó un mapa general (Figura 6) donde se muestran las secciones de 6.25 km², en el que se distinguen las diferentes áreas generales de ruido por tráfico vehicular.

Este instrumento es sólo una aproximación inicial al problema de ruido por tráfico vehicular en la ciudad de México y servirá de base para futuros estudios que permitan un mayor detalle en el análisis.

El estudio refleja que existen áreas de la ciudad de México con niveles altos (inaceptables) de ruido, los cuales pueden afectar de manera seria a la población; sin embargo existen también muchas áreas donde el ruido es tolerable e inclusive aceptable. Se observa en el análisis que existen zonas donde las vialidades generan niveles sonoros que permean hacia zonas aledañas afectándolas indirectamente.

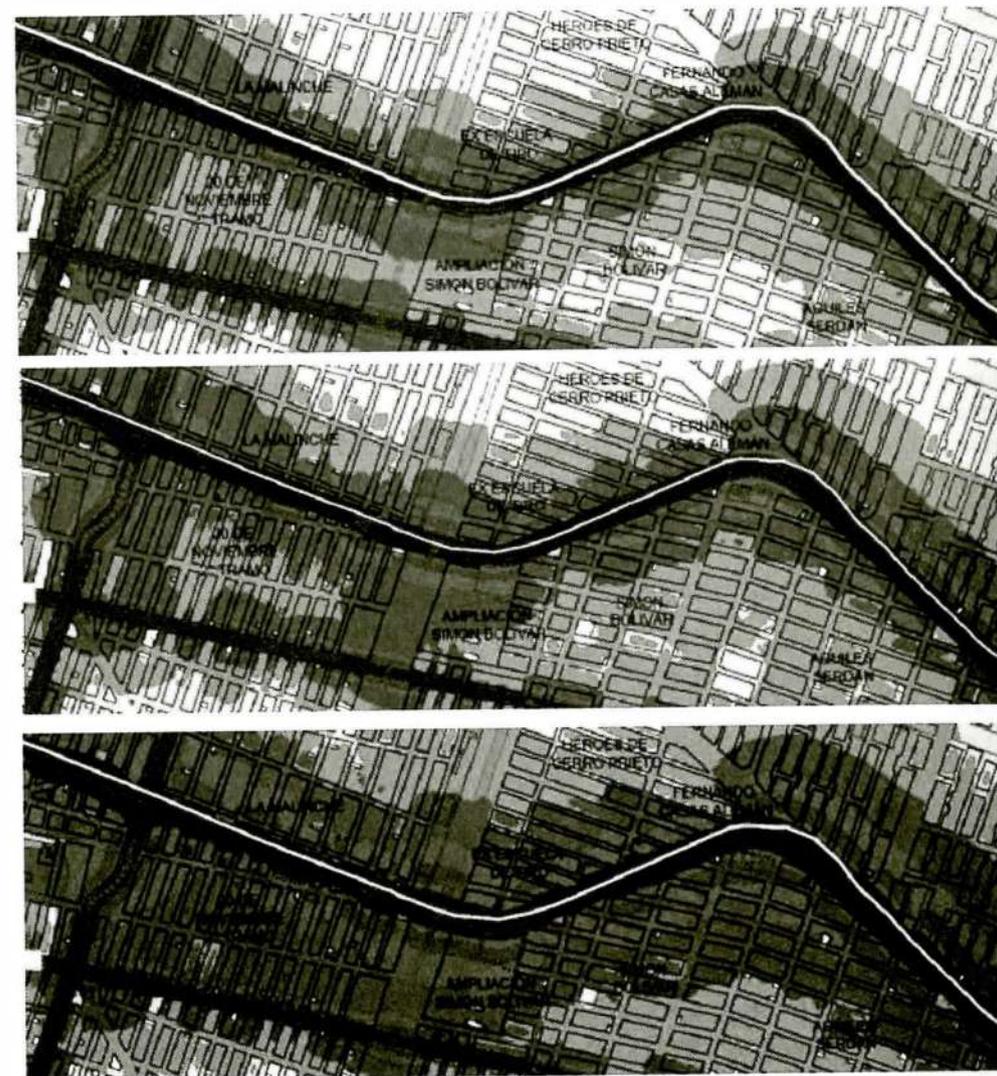


Figura 8. Diferentes escenarios de una sección de la ciudad de México para reducir el impacto por ruido por tráfico vehicular.

Aquellas donde existen baterías de edificios altos, a lo largo de las vialidades con altos niveles de ruido, crean una sombra acústica que beneficia las zonas adyacentes, protegiéndolas al funcionar como grandes barreras acústicas.

Se ha hecho evidente también que la zona nororientada de la ciudad, a lo largo del circuito interior Río Consulado, en la delegación Gustavo A. Madero, representa en este análisis preliminar la zona con un mayor impacto por el ruido de tráfico vehicular.

Esta investigación significa el inicio de un análisis profundo del ruido por tráfico vehicular en la ciudad de México y es la base para futuras investigaciones al respecto, que requerirán de una actualización de las bases de datos desarrolladas hasta el momento, así como la integración de nuevas bases de datos (como las de población, uso del suelo, equipamiento, ampliación de la base de datos de vialidades) e integración de elementos (como semáforos, cruceros conflictivos, estructura urbana de reciente creación, pasos a desnivel, áreas de construcción de infraestructura, obras del metro y del metrobus, entre otros).

El ruido por tráfico vehicular es una amenaza a la salud de la población como se ha declarado ya a nivel de la Organización Mundial de la Salud (OMS, Surden of disease), por ello es necesario que se cree una estructura a nivel institucional que de seguimiento a los problemas que el ruido genera en la población.

El problema del ruido por tráfico vehicular es un problema del cual la población debe estar consciente, para ello es necesario informarla y educarla. Actualmente, en nuestro país es indispensable una campaña de concientización y educación de la población en materia de ruido ambiental, lo cual contribuirá a la mejoría paulatina de las condiciones y la calidad de vida de los habitantes de esta gran urbe.

Bibliografía

- EC (2002). Position paper on those response relationships between transportation noise of annoyance [Informe]. Luxemburgo: Office for Official Publications of the European Communities.
- FEHRL (2006). Sustainable road surfaces for traffic noise control. Guidance Manual for the Implementation of Low-Noise Road Surfaces.
- IMAGINE (2004). Improved Methods for the Assessment of the Generic Impact of Noise in the Environment. AEA Technology Rail BV.
- IMAGINE (2007). Improved Methods for the Assessment of the Generic Impact of Noise in the Environment. Guidelines for the use of *traffic* models for noise mapping and noise action planning. AEA Technology Rail BV. http://www.tmlleuven.be/project/Imagine/WP2_rapport.pdf
- KOTZEN, Benz, et al. (1999). Environmental Noise Barriers. A guide to their acoustic and visual design. E & FN Spon: Nueva York.
- LÓPEZ, A. D., et al. (2006). Global burden of disease and risk factors. The International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank Group: USA.
- TRAFFIC Noise (2011). *Traffic* Noise: Road, Street, Highway & Freeway Noise Impact Control for Homes Residences, Businesses & Schools. <http://trafficnoise.org/>
- WG-AEN (2008). Presenting Noise Mapping Information to the Public, A Position Paper of the European Environment Agency Working Group on the Assessment of Exposure to Noise. http://www.fomento.es/NR/rdonlyres/CFE2A325-C64D-44CF-BB8C-B8FA9637FADC/69981/01_2008_presenting.pdf
- OMS [WHO] (1998). Averting the three outriders for the transport apocalypse: Road accidents, air and noise pollution. <http://www.who.int/inf-pr1998/en/pr98-57.html>
- OMS (2010). No, se. <http://www.euro.who.int/en/what-we-do/health-topics/environment-and-health/noise>

- OMS (2011). Information for the media. New evidence from OMS on health effects of *traffic-related* noise in Europe, Copenhagen. <http://www.euro.who.int/en/what-we-publish/information-for-the-media/sections/latest-press-releases/new-evidence-from-who-on-health-effects-of-traffic-related-noise-in-europe>
- OMS (2011). Burden of disease from environmental noise. Quantification of healthy life years lost in Europe, World Health Organization, European Commission. Copenhagen. http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/000B/136466/e94888.pdf

Referencias electrónicas

- MAPAS DE RUIDO INGLATERRA <http://services.defra.gov.uk/dps/portal/noise>
- MAPA DE RUIDO HELSINKI <http://www.hel2.fi/ymk/meluse1vitys/>
- MAPA DE RUIDO PARIS http://carto.bruitparif.fr/carte_grandpublic_allege/flash/
- MAPA DE RUIDO PRAGA <http://workinggroupnoise.web-lag.n1/mijnweblog/2010/04/meeting-working.html>
- <http://www.premis.cz/atlaszp/isapi.dll?MU=EN&ROOT=noise&LANG=EN-US&ANCHOR=I608&OPEN=49+2340+1608&MAP=764>
- MAPA DE RUIDO AUSTRIA http://gis.lebensministerium.at/eLISNframes/index.php?&145=true&gui_id=eLISA#