

Contaminación acústica de origen vehicular en la localidad de Chapinero (Bogotá, Colombia)

Traffic noise pollution at Chapinero district (Bogota, Colombia)

Alberto Ramírez González*
Efraín Antonio Domínguez Calle**

Fecha de recepción: 1 de septiembre de 2014.

Aceptación: 15 de abril de 2015

Recibido versión final: 27 de abril de 2015

Resumen

El ruido vehicular se ha constituido en una problemática ambiental creciente en los centros urbanos al cual se le ha prestado poca atención en los países en vía de desarrollo, a pesar de los daños que ocasiona en la salud de la población. Esta investigación aborda los resultados de una investigación sobre el ruido vehicular diurno llevada a cabo en la ciudad de Bogotá y, de manera particular, se refiere a la caracterización de la presión sonora en las principales vías de la localidad de Chapinero. Los resultados muestran que en todas las estaciones y horarios estudiados se sobrepasan las normas nacionales, las cuales son excedidas en promedio en 17 %, cuantía que puede considerarse como de riesgo a la salubridad de la población. Las principales causas directas de ello son el alto flujo de vehículos particulares; la sobreoferta de autobuses de servicio público altamente contaminantes; y las condiciones de tráfico que prevalecen en detención y arranque a causa de la semaforización, las congestiones y la falta de cumplimiento de las paradas asignadas. Como causa indirecta se postula la carencia de voluntad y gestión histórica realizada por la Alcaldía de la ciudad de Bogotá para controlar el ruido vehicular y para dar soluciones estructurales a la problemática del tráfico de la ciudad.

Palabras clave

Ecología urbana, contaminación acústica, ruido vehicular, indicadores ecológicos, riesgos ambientales.

Abstract

Traffic noise has becoming a growing environmental problem in modern cities and has received little attention by developing countries, despite the damage it causes on population health. This subject is addressed in this paper, which pre-

* PhD. Profesor Asociado, Facultad de Estudios Ambientales y Rurales, Universidad Javeriana, Bogotá. Nacionalidad: colombiano. Email: alberto.ramirez@javeriana.edu.co.

** PhD. Profesor Asociado, Facultad de Estudios Ambientales y Rurales, Universidad Javeriana, Bogotá. Nacionalidad: colombiano.

sents the results of a research carried out in Bogota city, particularly in the main street interceptions of Chapinero district, where the diurnal sound pressure was characterized. Results show that in all studied samples and times the national noise norms were exceeded on average by 17 %, levels that could be considered as hazardous to population health. The main direct causes are the high flow of cars; the oversupply of highly polluting buses; and traffic conditions prevailing in stops and starts because of the traffic lights, congestion, and lack of respect for bus stops. A feasible indirect cause may be the low historical willingness from the city hall to control traffic noise and to provide structural solutions for the traffic problems faced by this city.

Keywords

Urban ecology, traffic noise, ecological indicator, environmental risks, public health.

Introducción

El ruido se define como una combinación de sonidos que produce una sensación desagradable, molesta e indeseable y que puede ocasionar daños en la salud de las personas que están expuestas a él (OMS 1999). También es considerado como un contaminante desde la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano desarrollada en Estocolmo (Suecia) en 1972. La contaminación acústica urbana constituye la principal causa de deterioro ambiental y de estrés de las ciudades (Moser y Robin 2006) al producir alteraciones fisiológicas y psicológicas en la población. Comprende, además de impedimentos auditivos, incremento de la presión sanguínea y del ritmo cardiaco, vasoconstricción, cambios en la respiración, arritmia e isquemia cardiaca, hipertensión, resistencia vascular periférica, cambios en la viscosidad y lípidos de la sangre, cambios en el balance electrolítico y cambios hormonales (OMS 1999). Además, es causa de desórdenes psicológicos como molestia, ansiedad, estrés, agresividad, náuseas, dolor de cabeza, inestabilidad, pérdida argumentativa, cambios de humor, incremento de conflictos sociales, irritabilidad, depresión, neurosis, psicosis e histeria. También genera impedimentos de desempeño, interferencia en la comunicación, cansancio, dificultad para dormir, reducción de las capacidades de atención, motivación, memoria, lectura y solución de tareas cognitivas, entre otras (OMS 1999).

A causa de lo anterior, el ruido ocasiona impactos económicos significativos en la salud y en pérdida de productividad. En Estados Unidos estos costos alcanzan entre el 0,2 y el 2 % del producto doméstico bruto (Bolund y Hunhammar 1999) y en la Unión Europea se sitúan entre \$13.000 millones y \$ 38.000 millones de euros (COM 2000). Adicionalmente, el ruido ocasiona la desvalorización de las propiedades, las cuales pierden cerca de 1,6 % de su valor por cada decibel de más de 55 dBA (EC 2006).

Sobre la base de la protección de la salud del 96 % de la población, la USEPA (1974) definió el nivel de 55 dBA como referencia para prevenir daños auditivos en ambientes exteriores, pero la legislación de muchos países admite niveles por encima de este parámetro. Lo mismo ocurre en Colombia, cuyos límites para el horario diurno son 65, 70 y 75 dBA para zonas residenciales, comerciales e industriales (respectivamente).

Es necesario referir que los problemas de contaminación acústica urbana de origen vehicular han sido ampliamente documentados alrededor del mundo y, como patrón general, han encontrado niveles de presión sonora que se encuentran por encima de las normas locales. Se destacan estudios en: China (Li et al. 2002; Li y Tao 2004; Guoxia et al. 2006), Irán (Alimohammadi et al. 2005), India (Ingle et al. 2005), Egipto (Ali y Tamura 2003), España (Garrigues y García 1997; Arana y García 1998; Barrigón-Morillas et al. 2002), Argentina (Gimé-

nez 2012), Brasil (Trombetta et al. 2002; Trombetta 2006), Uruguay (González y Rocco 2007) y Bolivia (Rodríguez 2008).

Algunos estudios realizados en la ciudad de Bogotá (Colombia) han concluido que el ruido vehicular sobrepasa la normativa de la ciudad, v.gr. Sandoval (2000) y López (2008) en la localidad de Puente Aranda; González y Ramos (2001) en intersecciones viales; Pacheco et al. (2009) en cuatro estaciones; y la Secretaría de Tránsito y Transporte (strt 2006) en 80 estaciones. Las autoridades ambientales de Bogotá, no obstante, han centrado la problemática del ruido en los establecimientos comerciales (Contraloría de Bogotá 2006; Secretaría Distrital de Ambiente 2008) y el ruido vehicular se viene abordando solo recientemente. Aun así, los esfuerzos actuales se han centrado en la elaboración de mapas de ruido ambiental (Secretaría Distrital de Ambiente 2007;

2009a; 2009b; 2009c; 2010) y no en el control y la mitigación del contaminante.

La presente investigación evalúa, en el contexto de la normativa vigente, los niveles de ruido vehicular en las principales vías de la localidad de Chapinero debido al rol crucial que éstas representan en la movilidad de la ciudad en el eje Norte-Sur del costado oriental.

Área de estudio

El presente estudio se realizó en la ciudad de Bogotá y más específicamente en la localidad de Chapinero que, por su ubicación central, se constituye en una zona muy importante de circulación automotriz en el eje Norte-Sur del costado oriental de la ciudad (Figura 1). Allí se localizan avenidas de gran significación por su alto flujo de vehículos particulares y de transporte público, incluido el sistema Transmilenio (BRT, *Bus Rapid Transit*).

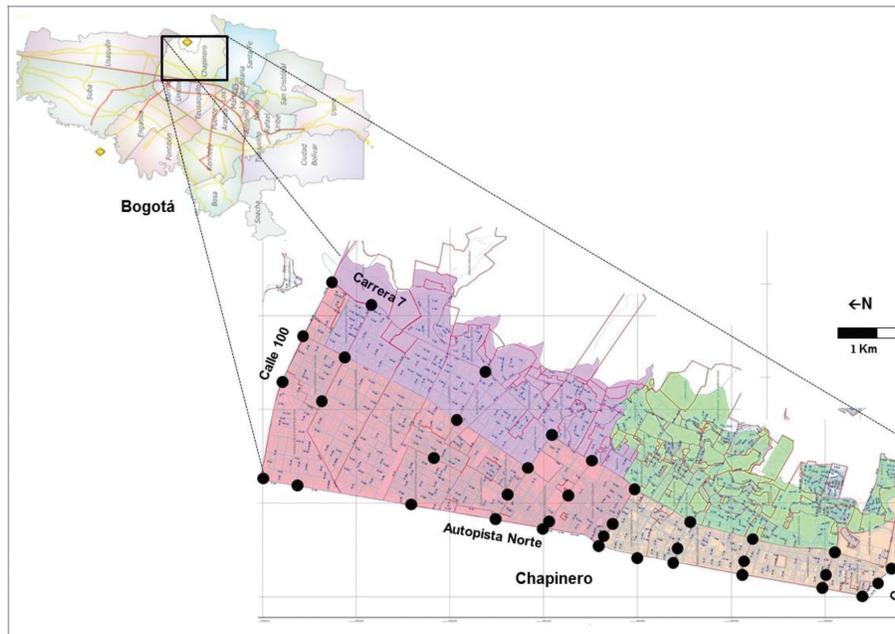


FIGURA 1. Estaciones evaluadas sobre las principales intersecciones vehiculares. Fuente: elaboración propia sobre mapa base <http://www.chapinero.gov.co/>.

La localidad de Chapinero tiene un área de 37,8 Km², de los cuales 25 Km² corresponden a reserva natural. El uso del suelo es mixto con actividades residenciales (59,5 %), de comercio y servicios (33,8 %) y dotacional (6,6 %) (Cámara de Comercio de Bogotá 2006). Se destaca la presencia de un número importante de centros de salud, hospitales e instituciones educativas (Cámara de Comercio de Bogotá 2006), y la mayor concentración de activos del Distrito (45,7 %) (Secretaría de Gobierno de Bogotá 2006).

Chapinero cuenta con cerca de 166.000 habitantes, de los cuales el 97,5 % vive en la zona urbana, y una población flotante de 1'500.000 habitantes (Secretaría Distrital de Planeación 2015). Para los años 2006 y 2007 la localidad mostraba el primero y el sexto índice de calidad de vida más alto de la ciudad en su orden (PNUD 2008) y para el año 2012 se estimaba la presencia de 2.400 vendedores ambulantes (Secretaría Distrital de Gobierno de Bogotá 2015).

Dentro de los problemas ambientales más importantes en la localidad se encuentran: deforestación, erosión e inestabilidad en el cerro, intervención y contaminación orgánica de las quebradas, contaminación atmosférica producida por el tráfico vehicular y contaminación acústica por el tráfico automotor y el comercio, además de basuras en las calles (Secretaría de Gobierno de Bogotá 2006).

Metodología

Durante los meses de octubre y noviembre de 2009 y marzo y abril de 2010, se realizaron mediciones de ruido vehicular sobre las intersecciones con mayor flujo vehicular en la localidad de Chapinero. Se tomaron 36 x 2 muestras de 10 minutos, tiempo que fue definido, a partir de un pre-muestreo, como suficiente para estabilizar el nivel equivalente continuo (L_{Aeq}). Las mediciones se llevaron a cabo en las horas pico de 7 a 9 a. m. y 5 a 7 p. m. durante días laborales, sin lluvia y con el pavimento seco. Se empleó un sonómetro integrador tipo II dotado de pantalla antiviento, con ponderaciones

A y *slow*, ubicado en un trípode a 1,2 m de altura, a 1 m de la vía y a más de 2 metros de las fachadas, señalando el centro de la intersección. Los descriptores evaluados incluyeron los niveles equivalente continuo (L_{Aeq}), máximo ($L_{Máx}$), mínimo ($L_{Mín}$) y los percentiles 10 (L_{10}) y 90 (L_{90}). Se tuvo en cuenta que durante las mediciones no hubiese interferencia procedente de maquinaria, construcciones o voceadores, por lo que el ruido registrado obedece esencialmente a ruido vehicular (Figura 1).

En razón a que hubo un paro total de buses durante dos días de marzo de 2010, se hicieron mediciones de ruido vehicular en ausencia total de este servicio público en tres de las estaciones monitoreadas (carrera 7^a con calle 72; carrera 11 con calle 72 y carrera 15 con calle 76), con el fin de evaluar la contribución de estos vehículos a la contaminación acústica de dichas vías. Así mismo, en estas tres estaciones y con presencia regular del servicio público, se llevó a cabo el conteo de pasajeros movilizadas en buses-busetas y carros (particulares y taxis) durante las horas pico, así como un muestreo de flujo vehicular durante 10 minutos.

Sobre la información recabada se realizaron estadísticas descriptivas que se confrontaron frente a la normativa nacional (Resolución No. 627 de 2006; MAVDT 2006) contemplando el uso del suelo en cada estación. Adicionalmente, se llevaron a cabo pruebas de comparación de dos promedios a través de la estadística t de Student para confrontar el nivel de presión sonora (ruido) con presencia y ausencia de buses, y entre las mediciones de la mañana y la tarde. Se calcularon además los indicadores de intensidad L_{Aeq}/L_{Norma} , variabilidad L_{10}/L_{90} y riesgo (conjunción difusa de los dos anteriores), propuestos por Ramírez (2011) empleando los programas SPSS v.15, Kyplot v.2.0, Matlab y PAST v. 1.89.

Resultados

De los 43.200 registros de ruido instantáneo ($L_{i,1seg}$) obtenidos, el 97,9 % (en las horas de la mañana) y el 91,2 % (en la tarde) se encontraron por encima

de los límites permisibles establecidos en la norma. Estos resultados corresponden ampliamente con el nivel equivalente continuo (L_{Aeq}) cuyo promedio alcanzó $77,7 \pm 0,6$ dBA, situándose sobre la norma en todas las estaciones y horarios. Así mismo, los niveles máximos predominantes estuvieron por encima de 85 dBA, en tanto el 79,2 % del ruido de fondo (L_{90}) mostró niveles superiores a la norma con un valor promedio de $69,4 \pm 0,6$ dBA.

La Figura 2 ilustra los resultados para el indicador L_{Aeq}/L_{Norma} donde se reconoce que prevalecen niveles de contaminación 1,15 veces por encima de la norma (escala logarítmica), con la mayor problemática en el nororiente durante la mañana y en el oriente durante la tarde. El promedio para toda la red de estaciones fue 1,17 superior a la norma, con preeminencia de la presión sonora en el rango de 75 a 80 dBA (Figura 3).

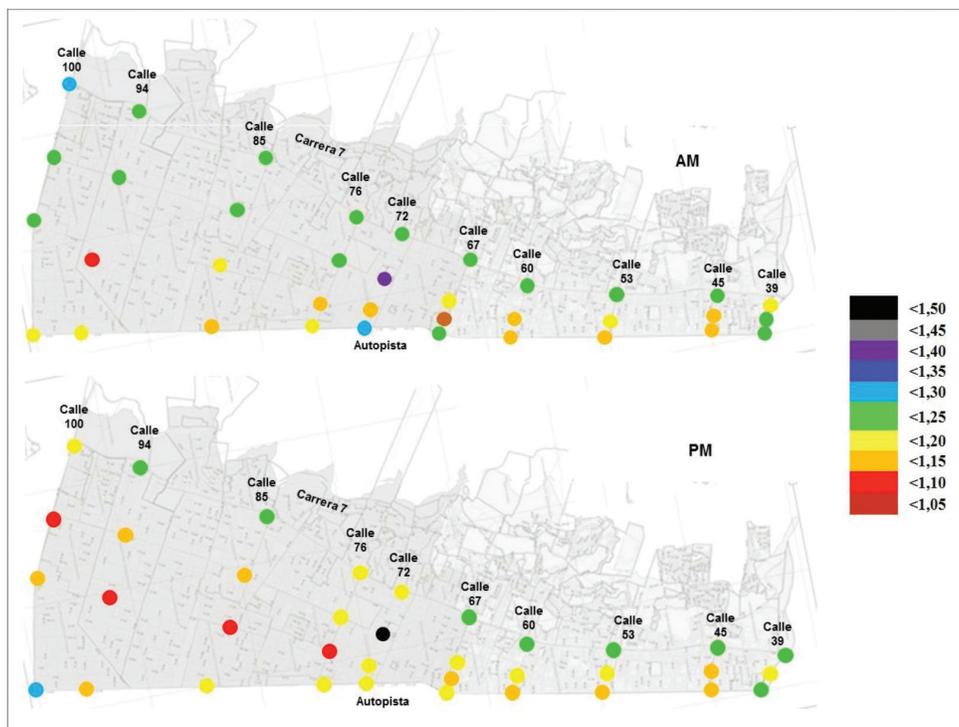


FIGURA 2. Indicador L_{Aeq}/L_{Norma} en la localidad de Chapinero. Fuente: elaboración propia.

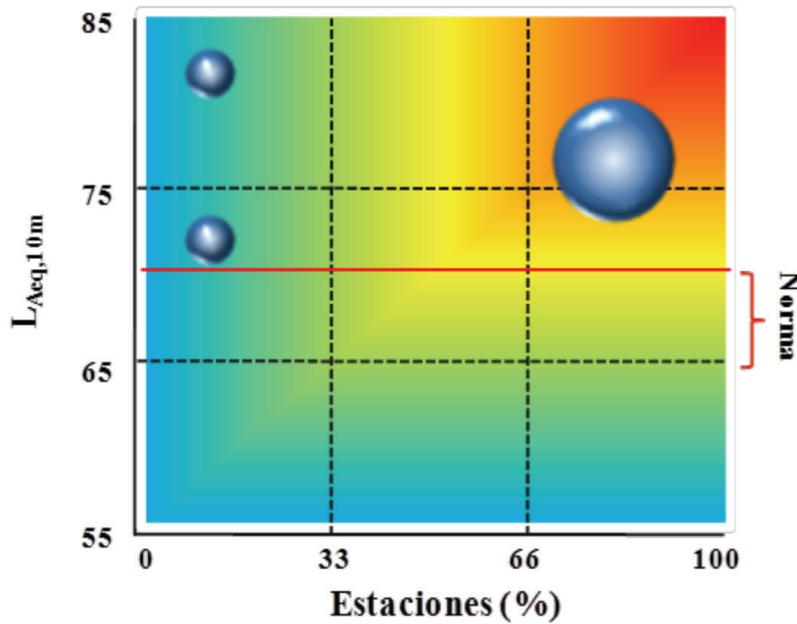


FIGURA 3. Preponderancia del nivel sonoro en las distintas estaciones (el tamaño del círculo refleja el número de estaciones en ese punto). Fuente: elaboración propia.

El indicador de riesgo para la salud fundamental en sistemas difusos y que involucra al L_{Aeq}/L_{Norma} como indicador de intensidad y al L_{10}/L_{90} como indicador de variabilidad y molestia en la población, alcanzó niveles que se extienden entre 0,65 y 0,89, los cuales pueden calificarse de altos a muy altos (Figura 4).

De otro lado, no se encontraron diferencias significativas entre los horarios de la mañana y la tarde ($78,2 \pm 0,7$ dBA y $77,1 \pm 0,9$ dBA), ni entre las carreras 7ª, 11, 13, 15 y Autopista-Caracas ($p > 0,05$), resultado que coincide con lo hallado por la STT (2006) en cuanto a las vías del transporte público masivo (Transmilenio) que generan niveles de ruido similares a las vías con el sistema tradicional de trans-

porte público. Esto es relevante por cuanto el sistema Transmilenio posee un parque automotor más moderno y con un volumen vehicular regulado. Al respecto, en Transmilenio prima el ruido proveniente de la mayor velocidad y la fricción llanta-pavimento, mientras que en los buses y las busetas tradicionales prevalece el ruido de la motorización por tratarse de un parque automotor antiguo. En el último caso, la situación se agudiza cuando el tráfico transcurre entre detenciones y arranques, por las congestiones, la elevada semaforización y el descató al uso de paraderos, condiciones que han llevado a que la velocidad media en la ciudad descienda de 23,7 Km/h en el 2004 a 20,8 Km/h en el 2009 (Alcaldía Mayor de Bogotá 2010).

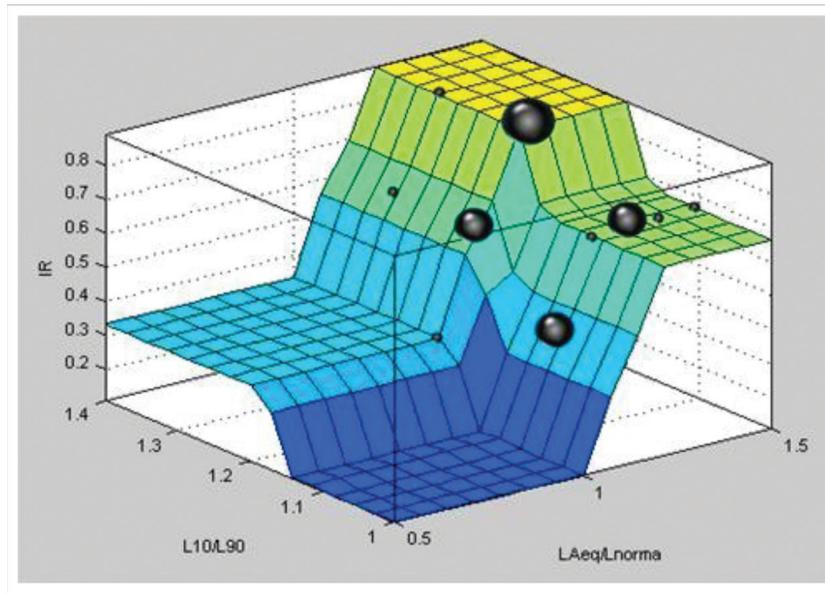


FIGURA 4. Indicador difuso de riesgo (el tamaño del círculo refleja el número de estaciones en ese punto). Fuente: elaboración propia.

Discusión

Para las tres estaciones muestreadas en ausencia del servicio público tradicional, se observó que tanto las varianzas como los promedios para los niveles instantáneos de ruido (L_{11s}) fueron significativamente mayores ante la presencia de buses y busetas ($p < 0,05$; $n=600$) (Tabla 1). Se encontró, además, una reducción aproximada de 3 a 5 dBA frente a los registros regulares, lo cual indica que la presencia de estos vehículos genera cerca de la mitad (49,8 % a 51,2 %) de la contaminación acústica vehicular. Al confrontar este resultado respecto al flujo vehicular y el número de pasajeros movilizados, se encontró que el transporte público representa apenas entre el 13 % y el 20 % de los vehículos (Tabla 2), pero moviliza entre el 62 % y el 84 % de los pasajeros (Tabla 3). Estos resultados denotan claramente una mayor contaminación acústica del transporte público por vehículo, pero a la vez una menor contaminación por pasajero

movilizado. Lo anterior indica que los carros y los taxis representan el 83 % del parque automotor en circulación, pero solamente movilizan cerca del 27 % de los pasajeros.

TABLA 1. Nivel de ruido con y sin presencia de servicio de transporte público masivo.

Carrera	7	11	15
Calle	72	72	76
L_{Aeq} con buses	78,1	76,6	79,5
L_{Aeq} sin buses	75,3	73,6	74,3
Reducción dBA	2,8	3	5,2
L_{11s} con buses	76,2	75,2	75,7
L_{11s} sin buses	74,3	72,3	72,4
Promedios (L_{11s})	$p < 0,001$	$p < 0,001$	$p < 0,001$
Varianzas (L_{11s})	$p < 0,001$	$p < 0,05$	$p < 0,001$

Fuente: elaboración propia.

TABLA 2. Flujo vehicular promedio (automóviles por hora).

Carrera	7	11	15
Calle	72	72	76
Carros - taxis	3.168	1.587	1.437
Buses - busetas	774	363	216
Carros - taxis %	80,4	81,4	86,9
Buses - busetas %	19,6	18,6	13,1

Fuente: elaboración propia.

TABLA 3. Promedio de pasajeros transportados.

Carrera	7	11	15
Calle	72	72	76
Carros (n)	274	223	251
Buses-busetas (n)	116	146	153
Pasajeros/carro-taxi	1,5	1,6	1,5
Error (%)	0,45	0,60	0,51
Pasajeros/bus-buseta	33,4	17,3	16,1
Error (%)	7,6	11,8	8,3
Pasajeros/hora, carros-taxis	4.891	2.583	2.113
Pasajeros/hora, buses-busetas	25.842	6.295	3.487
Pasajeros/hora %, carros-taxi	15,9	29,1	37,7
Pasajeros/hora %, buses-busetas	84,1	70,9	62,3

Fuente: elaboración propia.

Respecto al transporte público masivo, la Alcaldía reconocía en el año 2006 la existencia de cerca de 25.200 vehículos cuando la ciudad requería entre 10.000 y 12.000, cifras que actualizadas al 2009 se tradujeron en 12.546 buses requeridos, cuando rodaban entre 16.000 y 20.000 (Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. 2006; 2009). Estos valores indican sobreoferta en el servicio que se refleja en mayores congestiones y menor movilidad, y en ineficiencias que son costeadas por los pasajeros (PNUD 2008). Por demás, los niveles de ruido individual que generan estos vehículos alcanzaron 95 dBA, por tratarse de un parque automotor antiguo que ha debido ser chatarrizado, según las mismas normas distritales. Vale notar que estudios en

Curitiba (Brasil) demostraron que existe relación directa entre el ruido generado por los buses y los años de operación (Trombetta 2006).

Es importante señalar en razón a los resultados encontrados, que las variables más estrecha y directamente relacionadas con la emisión del ruido vehicular son el flujo total, la proporción de vehículos pesados y la velocidad (FHWA 2004; Austroads 2005; FTA 2006). Para la localidad estudiada se puede aseverar que el problema se centra en las dos primeras causas, puesto que las congestiones vehiculares dan lugar a una velocidad media muy baja.

Llama la atención que al ruido vehicular se le suma el de los silbatos de los policías de tránsito y el de las sirenas de ambulancias (16 durante el muestreo sobre las vías estudiadas o en vías cercanas), alcanzando las últimas niveles máximos ($L_{Máx}$) de 104,9 dBA a su paso.

La importancia del ruido vehicular en la molestia que genera sobre la población expuesta, queda evidenciada en los resultados hallados en algunos estudios internacionales. Es así que se ha encontrado que ésta se incrementa cuando hay presencia de transporte público (Paunović et al. 2014, en Belgrado, Serbia), cuando el ruido vehicular sobresale sobre otras fuentes como la industrial (Pierrette et al. 2012, en Lyon, Francia), los aviones (Nguyen et al. 2012, en Ho Chi Minh y Hanoi, Vietnam) o los trenes (Di et al. 2012, en Dalian, China).

Hay que destacar que cuando existe interés político para afrontar tales problemas ambientales se obtienen resultados substanciales. Es así como en zonas de El Cairo (Egipto) en las que se implementaron prohibiciones al uso de bocinas y cornetas, y al tránsito de camiones y de buses, se redujo el ruido vehicular hasta en 10,8 dBA (Ali y Tamura 2003). Un resultado semejante se obtuvo en Lanhau (China) ante medidas similares (Guoxia et al. 2006).

Conclusiones

A la luz de un conjunto diverso de descriptores de la presión sonora y sobre la base de la normativa de uso del suelo en la localidad de Chapinero, se

demonstró la existencia de un problema severo de contaminación acústica en las principales vías. Este problema muy probablemente se manifiesta en muchas de las localidades de la ciudad y no sólo incide en la población que transita y permanece en los andenes, sino en quienes habitan y trabajan en los inmuebles adyacentes.

A este fenómeno subyace un problema estructural y complejo del transporte de la ciudad en el que sobresale un alto flujo de carros-taxis con muy baja ocupación, un flujo excesivo de buses y busetas altamente contaminantes, y un número elevado de semáforos que intensifican los procesos de arranque-detención. Contribuyen también las sirenas, las bocinas y los silbatos de los policías de tránsito.

La dimensión alcanzada por esta problemática en la ciudad se explica, en gran medida, en la ausencia histórica de un sistema eficiente y masivo de transporte público. Esta conjunción entre los problemas ambientales y de transporte es el resultado de gobiernos y políticas que por décadas no le han dado

la importancia requerida a la movilidad en la ciudad.

El futuro para estos problemas no es favorable por la tasa a la cual se viene incrementando el número de vehículos particulares y por la falta de autoridad del gobierno para hacer cumplir las normativas que rigen la chatarrización del transporte público. A ello se adiciona que el sistema Transmilenio no genera menor contaminación acústica. La racionalización potencial del número de buses que puede derivarse del Sistema Integrado de Transporte, así como desarrollos futuros del Metro podrían, no obstante, mitigar parcialmente esta problemática.

El desarrollo económico y social no puede entenderse si no es a la luz del bienestar humano. A medida que los sistemas urbanos van congregando un mayor número de habitantes, es necesario priorizar soluciones a los problemas de contaminación y, en particular, aquellos atinentes a la salud de la población. Para ello se requiere de voluntad política y de acciones que den prevalencia a los derechos colectivos sobre los individuales.

Referencias

- Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. 2006. Plan Maestro de Movilidad y Estacionamientos (PMME). Bogotá.
- Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. 2009. Plan Maestro de Movilidad y Estacionamientos (PMME). Bogotá.
- Alcaldía Mayor de Bogotá. 2010. Consultado en noviembre de 2010. <http://www.bogota.gov.co>.
- Ali, S. A. y A. Tamura. 2003. "Road Traffic Noise Levels, Restrictions and Annoyance in Greater Cairo, Egypt". *Applied Acoustics* 64: 815-823.
- Alimohammadi, I., Nassiri, P., Behzad, M. y M. R. Hosseini. 2005. "Reliability analysis of traffic noise estimation in highways of Tehran by Monte Carlo simulation method". *Iranian Journal of Environmental Health Science & Engineering* 2(4): 229-236.
- Arana, M. y A. García. 1998. "A social survey on the effects of environmental noise on the residents of Pamplona, Spain". *Applied Acoustics* 53(4): 245-253.
- Austroroads. 2005. Modelling, Measuring and mitigating road traffic noise. Project No. TP1085, Sydney.
- Barrigón-Morillas, J. M., Gómez-Escobar, V., Méndez-Sierra, J. A., Vílchez-Gómez, R. y J. Trujillo-Carmona. 2002. "An environmental noise study in the city of Cáceres, Spain". *Applied Acoustics* 63: 1061-1070.
- Bolund, P. y S. Hunhammar. 1999. "Ecosystem Services in Urban Areas". *Ecological Economics* 29: 293-301.

- Cámara de Comercio de Bogotá. 2006. Perfil económico y empresarial. Localidad de Chapinero. Bogotá.
- COM. 2000. Propuesta de “Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo sobre Evaluación y Gestión del Ruido Ambiental”, Informe final 468. Consultado en marzo de 2008. <http://ec.europa.eu>.
- Contraloría de Bogotá. 2006. Bogotá: Un Gris Panorama Medioambiental, Bogotá. Consultado en abril de 2009. Departamento Administrativo de Planeación Distrital. <http://www.sdp.gov.co>.
- Di, G., Liu, X., Lin, Q., Zheng, Y. y L. He. 2012. “The relationship between urban combined traffic noise and annoyance: An investigation in Dalian, north of China”. *Science of the Total Environment* 432: 189–194.
- EC - European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise (WG-AEN). 2006. Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure. Final Draft, V.2. Consultado en noviembre de 2007. http://ec.europa.eu/environment/noise/pdf/wg_aen.pdf.
- FHWA - U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration -. 2004. Traffic noise model. Version 2.5 look-up tables user’s guide. FHWA-HEP-05-008, DOT-VNTSC-FHWA-0406. Final Report.
- FTA - Federal Transit Administration -. 2006. Transit noise and vibration impact assessment. FTA-VA-90-1003-06, Washington D.C.
- Garrigues, J. V. y A. García. 1997. “Análisis estadístico de los niveles de contaminación sonora medidos en diferentes zonas urbanas a lo largo de las 24 horas del día”. *Revista de Acústica* XIX (1 y 2): 13-20.
- Giménez, J. 2012. “Ruido urbano. El caso de la ciudad de Buenos Aires”. En: *Ruido en ciudades latinoamericanas*, editado por Orozco, M.G. y A. E. González, 185-203. Guadalajara: Universidad de Guadalajara.
- González, A. E. y G. Rocco. 2007. *Contaminación física en ambiente urbano: El ruido*. Facultad de Ingeniería, Universidad de la República. Montevideo. Consultado en marzo de 2009. www.cepis.ops-oms.org/bvsaidis/impactos/peru/urgctr008.pdf.
- González, M. y J. P. Ramos. 2001. “Propuesta de Norma para el Control de Ruido en Bogotá D.C.”. (Tesis de Master en Ingeniería Civil, Universidad de los Andes para optar al grado, 2010).
- Guoxia, M., Yujun, T., Tianzhen, J. y R. Zhengwu. 2006. “Assessment of Traffic Noise Pollution from 1989 to 2003 in Lanzhou City”. *Environmental Monitoring and Assessment* 123: 413–430.
- Ingle, S. T., Pachpande, B. G., Wagh, N. D. y S. B. Attarde. 2005. “Noise exposure and hearing loss among the traffic policemen working at busy streets of Jalgaon urban centre”. *Transportation Research Part D* 10: 69–75.
- Li, B. y S. Tao. 2004. “Influence of expanding ring roads on traffic noise in Beijing City”. *Applied Acoustics* 65: 243–249.
- Li, B., Tao, S. y R. W. Dawson. 2002. “Evaluation and analysis of traffic noise from the main urban roads in Beijing”. *Applied Acoustics* 63: 1137–1142.
- López, L. N. 2008. *Análisis del Aporte al Ruido Ambiental Emitido por los Vehículos Particulares en Bogotá*. Memorias VI Congreso Iberoamericano de Acústica – FIA, Buenos Aires, 1-10.
- MAVDT - Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial-. 2006. Resolución 0627 de abril 7 de 2006. Bogotá.
- Moser, G. y M. Robin. 2006. “Environmental Annoyances: An Urban-Specific Threat to Quality of Life?” *Revue Européenne de Psychologie Appliquée* 56: 35–41.

- Nguyen, T. J., Nguyen, H. Q., Yano, T., Nishimura, T., Sato, T., Morihara, T. y Y. Hashimoto. 2012. "Comparison of models to predict annoyance from combined noise in Ho Chi Minh City and Hanoi". *Applied Acoustics* 73: 952-959.
- OMS -Organización Mundial de la Salud-. 1999. *Guidelines for Community Noise*. B. Berglund, editado por Lindvall, T., Schwela, D.H. Geneva, Guideline Document, World Health Organization.
- Pacheco, J., Franco, J. F. y E. Behrentz. 2009. "Noise Pollution in Bogota City: A Pilot Study". *Revista de Ingeniería*, Universidad de los Andes, 30: 72-80.
- Paunović, K., Belojević, G. y B. Jakovljević. 2014. "Noise annoyance is related to the presence of urban public transport". *Science of the Total Environment* 481: 479-487.
- Pierrette, M., Marquis-Favre, C., Morel, J., Rioux, L., Vallet, M., Viollon, S. y A. Moch. 2012. "Noise annoyance from industrial and road traffic combined noises: A survey and a total annoyance model comparison". *Journal of Environmental Psychology* 32: 178-186.
- PNUD – Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo-. 2008. Bogotá una Apuesta por Colombia. Informe de Desarrollo Humano. Bogotá.
- Ramírez, A. 2011. "Caracterización y Modelación Micro y Macroscópica del Ruido Vehicular en la Ciudad de Bogotá". (Tesis Doctoral, Pontificia Universidad Javeriana, 2011).
- Rodríguez, J. S. 2008. "Contaminación acústica proveniente del tráfico vehicular en la zona central de la ciudad de Oruro". (Ponencia presentada en el VI Congreso Iberoamericano de Acústica – FIA, Buenos Aires, noviembre de 2008).
- Sandoval, R. 2000. *Evaluación de la Contaminación por Ruido en la Localidad de Puente Aranda en Santa Fe de Bogotá, D.C.* Memorias del Seminario Técnico Administrativo del Ruido Causado por Fuentes Móviles (Tráfico rodado), Bogotá, DAMA – PNUD – Goethe Institut, septiembre, 2000.
- Secretaría de Gobierno de Bogotá. 2006. Diagnóstico de seguridad. Localidad de Chapinero, Bogotá.
- Secretaría de Gobierno de Bogotá. 2015. Consultada en abril de 2015. <http://www.gobierno-bogota.gov.co>.
- Secretaría Distrital de Ambiente. 2007. Informe de Avance Plan Indicativo de Gestión. Alcaldía Mayor de Bogotá, D.C.
- Secretaría Distrital de Ambiente. 2008. Informe de Gestión 2007. Alcaldía Mayor de Bogotá, D.C.
- Secretaría Distrital de Ambiente. 2009a. Los Decibelios no Mienten: Bogotá Está "Ensondecida" por el Ruido. Alcaldía Mayor de Bogotá, D.C.
- Secretaría Distrital de Ambiente. 2009b. Bogotá Cómo Vamos. Alcaldía Mayor de Bogotá, D.C.
- Secretaría Distrital de Ambiente. 2009c. Indicadores de Gestión, Diciembre 2009. Alcaldía Mayor de Bogotá, D.C. Consultado en agosto de 2011. <http://www.secretariadeambiente.gov.co>.
- Secretaría Distrital de Ambiente. 2010. Día por el Aire Limpio. Consultado en diciembre de 2010. Disponible en: <http://www.secretaria-deambiente.gov.co/>. 2010.
- Secretaría Distrital de Planeación. 2015. Consultada en abril de 2015. <http://www.sdp.gov.co/PortalSDP>
- Secretaría de Tránsito y Transporte – SST. 2006. Diagnóstico y Caracterización de la Contaminación Auditiva Producida por Fuentes Móviles en la Ciudad de Bogotá y Diseño de Estrategias de Mitigación de Impactos Negativos de la Movilidad por Emisiones Sonoras. Fase II: Elaboración de Modelos, Monitoreo y Toma de Información. CONTRATO INAM Ltda. 170/05, Bogotá.

- Trombetta, P. H. 2006. "Occupational Noise in Urban Buses". *International Journal of Industrial Ergonomics* 36: 901–905.
- Trombetta, P. H., Diniz, F. B. y W. A. Barbosa. 2002. "Environmental noise pollution in the city of Curitiba, Brazil". *Applied Acoustics* 63: 351–358.
- USEPA – U.S. Environmental Protection Agency. 1974. Information on Levels of Environmental Noise Requisite to Protect Public Health and Welfare with an Adequate Margin of Safety. EPA/ONAC 550/9-74-004, Washington D.C.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, por la beca doctoral otorgada al primero de los autores y gracias a la cual se llevó a cabo la presente investigación.