

Indicadores objetivos y subjetivos de la contaminación acústica de origen vehicular en la localidad de Chapinero (Bogotá, Colombia)

Objective and subjective indicators of traffic noise pollution in chapinero district (Bogotá city, Colombia)

Alberto Ramírez González*
Efraín Antonio Domínguez Calle**

Fecha de recepción: 1 de septiembre de 2014

Aceptación: 28 de noviembre de 2014

Recibido versión final: 1 de diciembre de 2014

Resumen

La presente investigación aborda el estudio del ruido vehicular en una de las localidades más emblemáticas de la ciudad de Bogotá, a través de mediciones del nivel equivalente continuo $L_{Aeq,20s}$ y preguntas a la población sobre la percepción del ruido y la molestia que les genera. Se evaluaron adicionalmente factores antrópicos como edad, género, actividad en los andenes, y tiempo y cargo que desempeñaban en los almacenes del sector. Se encontraron niveles de ruido por encima de las normas en todas las vías estudiadas, así como diferencias apreciables en la percepción de la población entre andenes y almacenes, siendo mayor en la última a pesar de la menor exposición al ruido vehicular. Este resultado, junto con los niveles más altos de molestia para la población mayor a 40 años y la alta variabilidad en las respuestas individuales, denota la incidencia de factores perceptuales no acústicos. Por último, el cálculo de un indicador basado en variables difusas mostró niveles de riesgo de *altos* a *muy altos* para la población.

Palabras clave

Ecología urbana, contaminación acústica, ruido vehicular, molestia, indicadores ambientales, lógica difusa.

Abstract

This research focuses on the study of traffic noise on one of the most emblematic districts of Bogota city, through the equivalent continuous sound level $L_{Aeq,20sec}$ and questions to the public on noise and annoyance perception. The study includes

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

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

factors as age, gender, sidewalk activities, number of years working in the stores, and job position. The noise levels found were above the norms in all pathways. Despite their lower noise exposure, the annoyance of the store workers was higher than the one perceived by the sidewalk population. The annoyance was also higher for population over 40 years and in general there was a high variability in individual responses, showing the incidence of non-acoustic factors. Finally, the calculation of a risk indicator based on fuzzy variables showed *high* to *very high* risk levels for the population.

Keywords

Urban ecology, noise pollution, traffic noise, environmental indicators, fuzzy logic

Introducción

El consumo masivo del automóvil durante el siglo XX desempeñó no solo un papel relevante en la economía mundial, sino que propició cambios en la planificación y el diseño de las estructuras urbanas, constituyéndose -después de la vivienda- en el mayor bien de referencia del estatus socioeconómico de la población (Sheller y Urry 2000). El automóvil, sin embargo, elevó dramáticamente las congestiones y la polución al interior de las ciudades, causando deterioro ambiental y estrés (OMS 1999) por lo que se le considera un factor de riesgo a la *salubridad* de los pobladores (Harris 1985).

Al ruido, como a cualquier sonido, se le reconocen características físicas que pueden ser medidas de forma objetiva, como su intensidad, frecuencia, patrón de tiempo y timbre (Harris 1985). A partir de la primera se desarrollaron diversos descriptores objetivos para el estudio del ruido vehicular, entre los que se destacan el nivel equivalente continuo (L_{eq}), el máximo ($L_{Máx}$), el mínimo ($L_{Mín}$) y los percentiles (L_{10} y L_{90}) (USEPA 1974; EC 2000; Austroads 2005; FTA 2006).

Por otro lado, a diferencia del sonido, el ruido genera molestia en la población y, a este respecto Lindvall y Radford (1973) definen la *molestia* como *un sentimiento no agradable asociado con un agente o condición que puede afectar a un individuo o a un grupo*. La molestia, como otras percepciones negativas y subjetivas, se constituye en un indicador de pérdida de bienestar (Frei et al. 2014), razón por la cual las autoridades ambientales y aeronáuticas de los Estados Unidos incorporaron desde la década de los 50 esta variable a los estudios del ruido derivado de los medios de transporte y para ello se basaron en las curvas de exposición-respuesta

que relacionan el porcentaje de personas que señalan *alta molestia* a un nivel sonoro dado (USEPA 1974; Fidell 2003). Estos estudios permitieron identificar alta variabilidad en las respuestas, lo que indica que se trata de un indicador subjetivo con incidencia tanto de factores acústicos como no acústicos. A partir de los estudios de meta-análisis de Miedema y Oudshoorn (2001) se pretendió construir curvas únicas con el propósito de generar políticas precisas de manejo del ruido; sin embargo, estudios recientes en Korea (Lee et al., 2008), Vietnam, Japón (Phan et al. 2008a; 2008b) y los Alpes (Lercher et al. 2008), vienen subrayando diferencias importantes respecto a aquellas.

Algunos de los factores no acústicos que han mostrado incidencia en la molestia son los siguientes: sensibilidad (Phan et al. 2008b; Paunović et al. 2008; 2014; Pierrette et al. 2012); inseguridad ante el medio de transporte (Phan et al., 2008b); frecuencia de uso del medio (Moriyama et al. 2008); utilización de bocinas (Phan et al. 2008a), orientación de las habitaciones hacia las vías y posibilidad de cambiar de éstas (Paunović et al. 2008; 2014); número del piso en el que se habita (Paunović et al. 2014); horas de permanencia en la residencia, edad y años de empleo (Paunović et al. 2008); sexo (Frei et al. 2014); hora del día y estación del año (Pierrette et al. 2012); y visibilidad de la fuente generadora (Di et al. 2012; Paviotti y Vogiatzis 2012). Adicionalmente, Botteldooren y Verkeyn (2002) y Botteldooren et al. (2002a; 2002b; 2003) quienes incorporaron variables difusas para sobrellevar esta variabilidad, encontraron incidencia de factores tales como: ambiente, expectativas de calidad ambiental, elasticidad de contexto, actitud, ambiente social, estilo de vida, sensibilidad, edad, género, tipo y combinación de fuentes, entre otras.

De otro lado, algunos factores acústicos que incrementan la molestia incluyen la intensidad sonora (Nguyen et al. 2012; Pierrette et al. 2012; Paviotti y Vogiatzis 2012; Paunović et al. 2014) y factores asociados como la velocidad y densidad vehicular, el tipo de pavimento (Freitas et al. 2012) y la combinación de ruidos (Di et al. 2012), entre otros.

Más recientemente ha cobrado importancia el estudio de la molestia bajo la incidencia simultánea de diversas fuentes de ruido, bien sea que se trate de diferentes tipos de vehículos (Paviotti y Vogiatzis 2012; Paunović et al. 2014), vehículos e industrias (Pierrette et al. 2012), vehículos y trenes (Di et al. 2012) o vehículos y aviones (Nguyen et al. 2012), así como la puesta a prueba de modelos matemáticos de predicción de la molestia bajo estas situaciones (Nguyen et al. 2012; Pierrette et al. 2012).

En el marco enunciado y en razón a los altos niveles de ruido vehicular que viene experimentando la ciudad de Bogotá, la presente investigación evaluó la percepción que tiene la población de la localidad de Chapinero sobre el ruido vehicular y la molestia que les genera, así como el nivel equivalente continuo $L_{Aeq,20s}$ existente, confrontando así indicadores subjetivos y objetivos de la contaminación acústica de origen vehicular (Ramírez 2011).

Metodología

El presente estudio se realizó sobre las cinco carreras (norte-sur) más importantes de la localidad de Chapinero (7, 11, 13, 15 y Autopista Norte-Av.

Caracas, ver Figura 1) mediante recorridos a pie en los cuales se aplicaron dos encuestas: la primera sobre los andenes a transeúntes y vendedores ambulantes (n=300), y la segunda a trabajadores y administradores de almacenes (n=300). A unos y a otros se les solicitó que calificaran el ruido vehicular y la molestia en torno a éste, empleando una escala de 5 niveles lingüísticos que siguió el protocolo dado por la *International Commission on the Biological Effects of Noise*, ICBEN-1993 (Fields et al. 2001): *muy bajo* (ninguna para molestia), *bajo*, *medio*, *alto* y *muy alto*. Se registró, adicionalmente, la vía, el género y si la persona era mayor o menor de 40 años. Para la primera encuesta se anotó, además, si se trataba de un transeúnte o un vendedor ambulante y se midió de forma simultánea el nivel equivalente continuo durante 20 segundos ($L_{Aeq,20s}$) mediante un sonómetro integrador tipo II, con ponderaciones *A* y *slow*, a 1,2 m de altura, con pantalla anti-viento y orientado hacia la vía. En la segunda encuesta se anotó si se trataba de un empleado o del administrador-proprietario del almacén, así como los años de vinculación al establecimiento.

La toma de información se realizó sin lluvia y con el pavimento seco, teniendo la precaución de evitar la incidencia de fuentes de ruido no vehicular. El análisis inició con la transformación de las variables lingüísticas categóricas a variables numéricas ordinales (1, 2, 3, 4, 5) y *dummy* (0,1) y se aplicaron pruebas de comparación de promedios y medianas, así como análisis de regresión lineal y no lineal. Se emplearon los programas de computador SPSS v.15 y CurveExpert v.1.3.

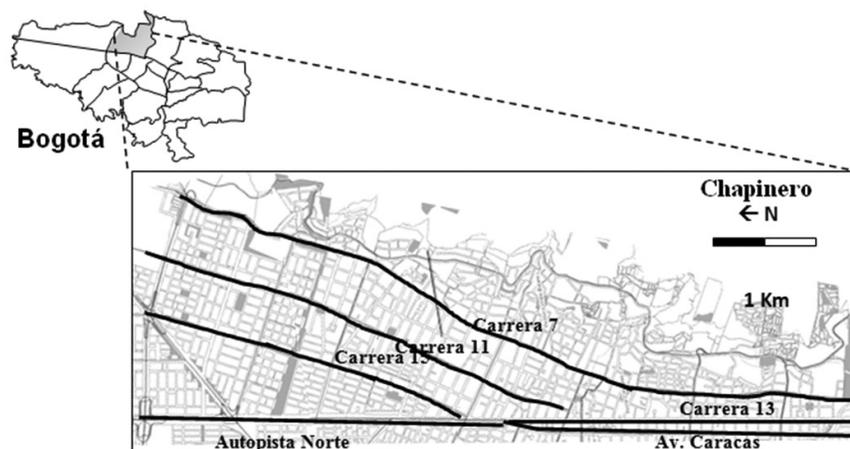


FIGURA 1. Localidad de Chapinero (Bogotá) y ubicación de las vías estudiadas. Fuente: elaboración propia.

Resultados

La encuesta en andenes incluyó 168 hombres y 132 mujeres; 192 personas mayores a 40 años y 108 menores a dicha edad; 150 transeúntes y 150 vendedores ambulantes. La de almacenes tuvo en cuenta a 136 hombres y 164 mujeres; 127 mayores a 40 años y 163 menores a dicha edad; 242 empleados y 58 administradores-propietarios; 69 trabajadores con menos de 1 año de labor en el sitio, 186 entre 1 y 9 años, y 45 con más de 9 años.

De la muestra poblacional encuestada, ninguna persona calificó el nivel de ruido como *muy bajo* y, a la vez, fue mayor la percepción al ruido y la molestia en los almacenes respecto a los andenes ($p < 0,01$). La carrera 15 mostró resultados disímiles, pues la molestia fue mayor en los andenes y menor en los almacenes ($p < 0,01$) (Figura 2). Así mismo, se encontró menor percepción de ruido y molestia en los almacenes de la carrera 11.

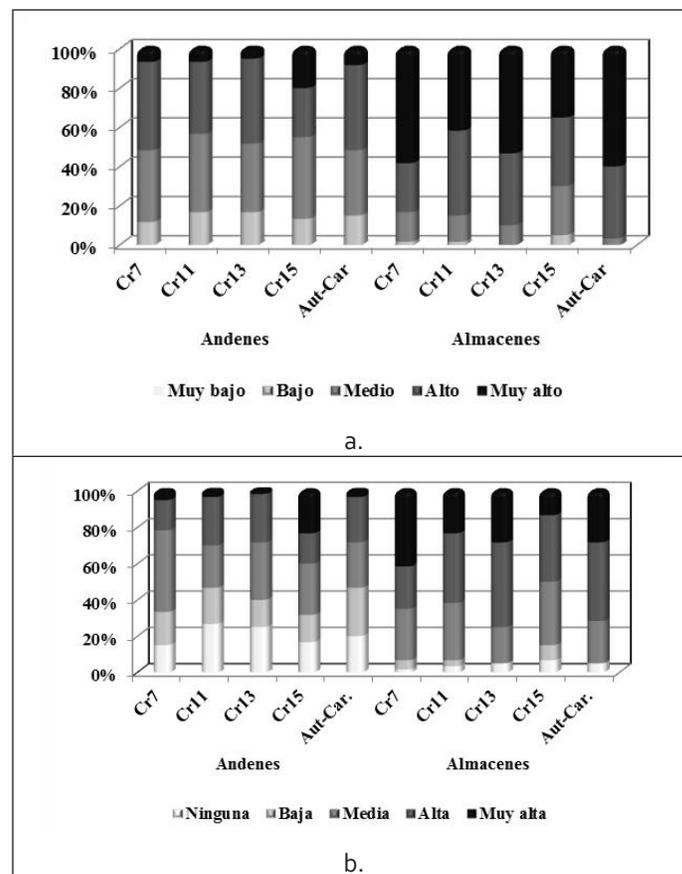


FIGURA 2. Frecuencias relativas para a. La percepción de ruido y b. La molestia. Fuente: elaboración propia.

La percepción promedio del ruido fue 3,4/5,0 (\bar{R}/C) en los andenes y 4,3/5,0 en los almacenes; la de molestia fue 2,8/5,0 y 3,8/5,0, respectivamente. La molestia registrada en este estudio fue inferior ($p < 0,001$) a la estimada en muestras de toda la ciudad y cuyos resultados estuvieron entre 4,0/5,0 y 4,4/5,0 durante el lapso 1998-2007 ($n \approx 1600$ anual) (Cámara

de Comercio de Bogotá, El Tiempo, Fundación Corona, 2007). Al incorporar los descriptores subjetivos (\bar{R}/C) y objetivos (L_{Aeq}/L_{Norma}) en un indicador construido con lógica difusa, se encontraron niveles de riesgo de 0,65 en los andenes y de 0,90 en los almacenes, los cuales resultan de *altos* a *muy altos* (Figura 3).

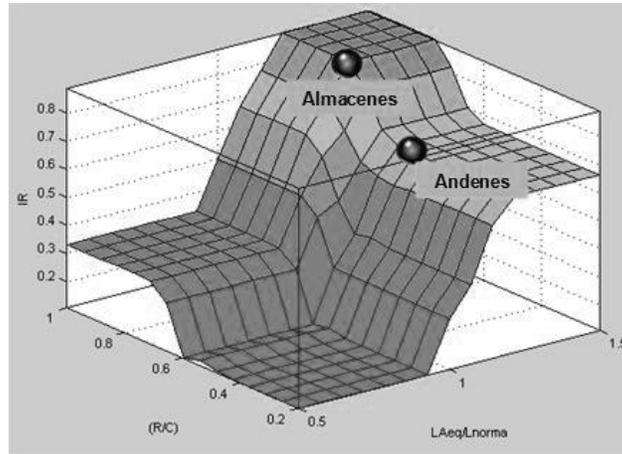


Figura 3. Resultados para el indicador difuso molestia-intensidad. Fuente: elaboración propia a partir de SPSS v.15 y CurveExpert v.1.3

Se halló además, que ni la actividad, ni el género muestran incidencia en la percepción al ruido o la molestia, en tanto las personas de mayor edad manifestaron una mayor molestia ($p < 0,05$) tanto en andenes como almacenes. Es relevante señalar como resultado singular, que un grupo de 20 personas contestó *baja* molestia ante niveles de ruido mayores a 76 dBA, tratándose principalmente de mujeres menores a 40 años (χ^2 ; $p = 0,07$).

El nivel equivalente continuo promedio medido durante las encuestas varió de 71,8 a 75,5 por lo que sobrepasó en todas las vías la normatividad para zonas residenciales (65 dBA) y comerciales (70 dBA) (MAVDT 2006). Al relacionar el L_{Aeq} con la percepción de ruido ($r^2 = 0,100$) y la molestia ($r^2 = 0,049$; $n = 300$) en los andenes, se observaron relaciones

significativas ($p < 0,01$) pero poco explicativas, lo que reafirma la gran variabilidad en las respuestas *individuales* (Figura 4), situación ya referida por otros estudios (Fidell 2003; FTA 2006). Sin embargo, al conjugar la presión sonora en clases y al promediarlas, los resultados condujeron a un alto desempeño del modelo logístico con coeficientes de determinación de 0,942 y 0,917 en su orden ($n = 10$), lo que denota que *colectivamente* hay una relación estrecha entre la percepción del ruido y la molestia, con la presión sonora (aunque parte del incremento de los coeficientes de determinación se explica en el menor número de datos). A este respecto, el comportamiento de las dos curvas fue similar, pero la percepción está desplazada aproximadamente una unidad por encima de la molestia (Figura 5).

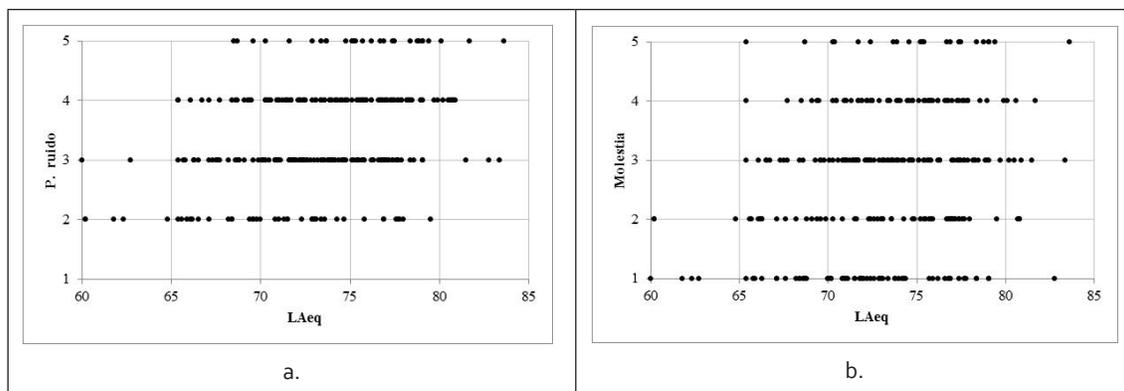


FIGURA 4. Relaciones individuales entre el L_{Aeq} en andenes con a. La percepción de ruido y b. La molestia. Fuente: elaboración propia.

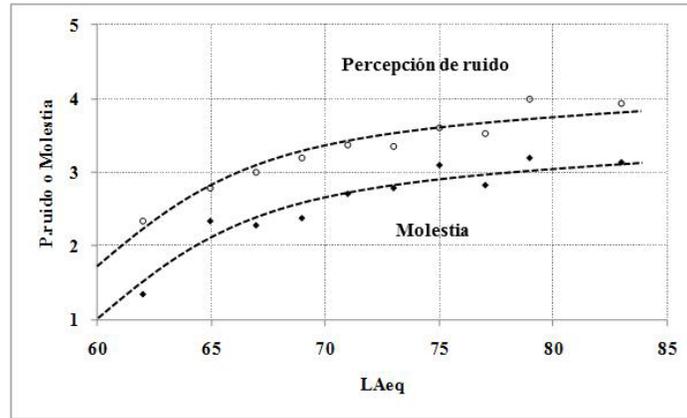


FIGURA 5. Relaciones colectivas entre el L_{Aeq} en andenes con la percepción y la molestia media. Fuente: elaboración propia.

De igual forma, al relacionar las respuestas de *alta y muy alta* (A.MA) molestia con el nivel de ruido equivalente agrupado en clases, se observó

una relación sigmoidea cuyo mejor ajuste siguió el modelo de Gompertz ($n=10$; $r^2=0,816$; $p<0,01$; ver Figura 6).

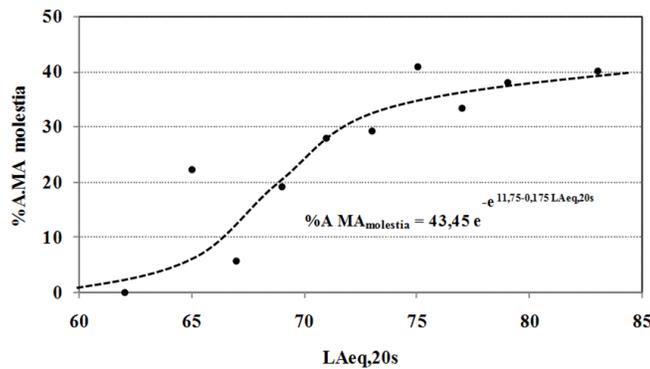


FIGURA 6. Relación entre el porcentaje de encuestados que expresó alta y muy alta molestia en los andenes y el nivel equivalente continuo. Fuente: elaboración propia.

De igual modo, el análisis de regresión multivariado para los andenes mostró que las variables que más inciden en la molestia son la percepción hacia el ruido (P5 *muy alta*, P4 *alta*, P2 *baja*), la mayor edad y la carrera 15 ($p<0,01$; $r^2=0,39$; ecuación 1). Es

relevante destacar la baja capacidad predictiva de esta ecuación, así como la ausencia del L_{Aeq} y cuya inclusión forzada (Ecuación 2) explica solo el 28% de la molestia, por demás, con un bajo coeficiente de regresión ($p<0,05$).

$$\text{Molestia} = 2,4 + 1,9 P5 + 0,94 P4 - 0,5 P2 + 0,4 Cr15 + 0,3 Edad \quad (\text{Ecuación 1})$$

$$\text{Molestia} = 0,8 + 1,4 P5 - 0,9 P2 + 0,4 Edad + 0,03 L_{Aeq} \quad (\text{Ecuación 2})$$

$$\text{El resultado fue cercano para los almacenes y explica el 45\% de la molestia} \quad (\text{Ecuación 3})$$

$$\text{Molestia} = 2,5 + 1,7 P5 - 1,3 P2 + 0,9 P4 + 0,3 Edad + 0,2 Cr7 \quad (\text{Ecuación 3})$$

Discusión

Sobre la carrera 15 un porcentaje elevado de vendedores ambulantes ocupa casetas que les son arrendadas por la Administración Distrital, mientras que en las otras vías los vendedores exponen sus mercancías en el suelo o en soportes

móviles (Figura 7). Este hecho podría ser la causa de los resultados hallados, quizá por una menor capacidad de movilidad o de selección, o por un mayor sentido de pertenencia, condición que ha demostrado incidencia en las representaciones sociales urbanas (Ceccato y Snickars 1998).



FIGURA 7. Vendedores en los andenes. Fuente: archivo fotográfico del Autor.

Por su parte, los resultados sobre la carrera 11 podrían darse por la existencia de un paisaje arbóreo y de jardines que se extienden a lo largo del separador de la vía, puesto que diversos estudios han demostrado que los paisajes más verdes inciden positivamente en la percepción de las personas ante escenarios urbanos y con ruido vehicular (Carles et al. 1999; Viollon et al. 2002; Gidlöf-Gunnarsson y Öhrström 2007).

En relación con la mayor molestia en la población de más edad, Paunović et al., (2008) observaron también relación directa con esta variable, hecho *sui generis* pues está demostrada la pérdida auditiva progresiva que experimenta la especie con los años (Harris 1985).

Vale subrayar que la problemática del ruido vehicular no se refiere únicamente a la molestia que genera en la población, pues involucra también daños fisiológicos en ella. Es así como en Sao Paulo (Brasil) en zonas entre 70 y 80 dBA, las audiometrías en policías de tráfico y trabajadores de la ciudad expusieron una pérdida auditiva del 28,5% (Melo y Alves 2005). Resultados similares fueron encontrados por estos

autores en los choferes de buses de Curitiba (en 42,2% de los estudiados) y Sao Paulo (en 46 a 55,4% de los estudiados). Así mismo, en la ciudad de Jalgaon (India) se halló reducción auditiva en los policías de tránsito para las frecuencias comprendidas entre 250 y 8000 Hz (Ingle et al. 2005).

A nivel local, un estudio realizado en la localidad de Puente Aranda en Bogotá, que involucró a 1 347 personas y donde los L_{Aeq} estuvieron en el rango de 76,3 a 84,3 dBA, mostró reducción auditiva en las frecuencias de 3 000, 4 000 y 6 000 Hz en el 49% de los individuos evaluados (Sandoval 2000). Por lo anterior, es muy probable que estos efectos también estén ocurriendo en la población más expuesta de la localidad de Chapinero, pues la USEPA (1974) definió como parámetros admisibles para salvaguardar la salud del 96% de la población, 55 dBA en ambientes exteriores y 45 dBA en interiores.

Para el control del ruido vehicular, la OMS (1999) ha propuesto la implementación de medidas *legales* (ej. normas, control, monitoreo, modelación, límites de velocidad), de *ingeniería* (ej. nuevas tecnologías,

aislamientos, manejo del tráfico) y de *educación* (ej. investigaciones, publicación de resultados, información al público). De igual modo, la Comunidad Europea ha planteado la necesidad de evaluar el ruido ambiental en los estados miembros, informar a la población sobre los niveles hallados y adoptar las medidas necesarias para reducir el ruido (EC 2000; 2006).

Si bien el papel histórico en esta materia por parte de las autoridades ambientales y de transporte en Bogotá ha sido muy pobre, la población bogotana ya muestra algún grado de conciencia sobre los efectos de este contaminante en la *salud*, pues es señalado como uno de los tres problemas ambientales más relevantes de la ciudad (19 a 22% de las personas), a la vez que califica como mala la gestión ambiental realizada por la Alcaldía para su control (2,4/5,0 a 2,8/5,0) (Cámara de Comercio de Bogotá, El Tiempo, Fundación Corona 2010).

Conclusiones

Esta investigación demuestra de manera categórica la existencia de un problema de contaminación acústica en las principales vías de la localidad de Chapinero, a la luz de: las directrices y normativas definidas nacional e internacionalmente; el uso del

suelo; la presión sonora hallada; la molestia expuesta por la población; el indicador de riesgo estimado; y los potenciales daños psicológicos y fisiológicos a la salud.

La molestia fue calificada de *media* a *alta* y genera niveles de riesgo *altos* y *muy altos* para la salud, al confrontarse con la presión sonora y la normativa. La percepción del ruido y la molestia varía en las dos poblaciones estudiadas y demuestra la influencia de factores no acústicos, pues es mayor al interior de los almacenes a pesar de la menor incidencia del contaminante. La molestia individual resulta ampliamente disímil, pero colectivamente denota una relación de tipo sigmoideo altamente predecible con la presión sonora, y se relaciona principalmente, con la percepción que se tiene del ruido y con la edad de las personas.

Los resultados hallados expresan la necesidad de implementar medidas de control del ruido vehicular en la ciudad, pues los mismos evidencian impactos psicológicos en la población más expuesta, y muy probablemente vienen ocasionando efectos fisiológicos sobre ella. Por lo anterior, la Alcaldía y las autoridades ambientales deben dar más prioridad al bienestar ciudadano, adecuando las políticas públicas en torno a aquellos contaminantes que, como el ruido vehicular, generan riesgos de salubridad en la población.

Referencias

- Austroroads. 2005. *Modelling, Measuring and Mitigating Road Traffic Noise*. Sydney: Project No. TP1085.
- Botteldooren, D. y Verkeyn, A. 2002. "Fuzzy Models for Accumulation of Reported Community Noise Annoyance from Combined Sources". *Journal of the Acoustical Society of America* 112 (4): 1496-1508.
- Botteldooren, D., Verkeyn, A., Cornelis, C. y De Cock, M. 2002a. "On the Meaning of Noise Annoyance Modifiers: A Fuzzy Set Theoretical Approach". *Acta Acustica & Acustica* 88: 239 - 251.
- Botteldooren, D., Verkeyn, A. y Lercher, P. 2002b. "Noise Annoyance Modelling Using Fuzzy Rule Based Systems". *Noise & Health* 4 (15): 27-44.
- Botteldooren, D., Verkeyn, A. y Lercher, P. 2003. "A Fuzzy Rule Based Framework for Noise Annoyance Modeling". *Journal of the Acoustical Society of America* 114 (3): 1487-1498.
- Cámara de Comercio de Bogotá, El Tiempo, Fundación Corona. 2007. *Bogotá cómo vamos*. Bogotá.
- Cámara de Comercio de Bogotá, El Tiempo, Fundación Corona. 2010. *Bogotá cómo vamos*. Bogotá.
- Carles, J. L., Barrio, I. L. y de Lucio, J. V. 1999. "Sound Influence on Landscape Values". *Landscape and Urban Planning* 43: 191-200.
- Ceccato, V. y Snickars, F. 1988. "Objective and Subjective Indicators to Evaluate Quality of Life (QOL) in Two Districts in the Stockholm Region". En: *Urban Ecology*, editado por Breuste,

- J., Feldmann, H., Uhlmann, O., 273-277. Berlín: Springer.
- Di, G., Liu, X., Lin, Q., Zheng, Y. y He, L. 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 Communities-. 2000. Position Paper on EU Noise Indicators, Luxemburgo. <http://ec.europa.eu/environment/noise/pdf/noiseindicators.pdf>. 2000.
- 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, 2006. http://ec.europa.eu/environment/noise/pdf/wg_aen.pdf. 2006.
- Fidell, S. 2003. "The Schultz Curve 25 Years Later: A Research Perspective". *Journal of the Acoustical Society of America* 114 (6): 3007-3015.
- Fields, J. M., De Jong, R. G., Gjestland, T., Flindell, I. H., Job, R. F. S., Kurra, S., Lercher, P., Vallet, M., Yano, T., Guski, R., Felscher-Suhr, U. y Schumer, R. 2001. "Standardized General-Purpose Noise Reaction Questions for Community Noise Surveys: Research and a Recommendation". *Journal of Sound and Vibration* 242 (4): 641-679.
- Frei, P., Mohler, E. y Rösli, M. 2014. "Effect of Nocturnal Road Traffic Noise Exposure and Annoyance on Objective and Subjective Sleep Quality". *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 217: 188-195.
- Freitas, E., Mendonça, C., Santos, J. A., Murteira, C. y Ferreira, J. P. 2012. "Traffic Noise Abatement: How Different Pavements, Vehicle Speeds and Traffic Densities Affect Annoyance Levels". *Transportation Research Part D* 17: 321-326.
- FTA -Federal Transit Administration. 2006. Transit Noise and Vibration Impact Assessment. http://www.fta.dot.gov/documents/FTA_Noise_and_Vibration_Manual.pdf. 2006.
- Gidlöf-Gunnarsson, A. y Öhrström, E. 2007. "Noise and Well-Being in Urban Residential Environments: The Potential Role of Perceived Availability to Nearby Green Areas". *Landscape and Urban Planning* 83: 115-126.
- Harris, C. M. 1985. Manual de Medidas Acústicas y Control del Ruido. Madrid: McGraw-Hill.
- Ingle, S. T., Pachpande, B. G., Wagh, N. D. y Attarde, S. B. 2005. "Noise Exposure and Hearing Loss Among the Traffic Policemen Working at Busy Streets of Jalgaon Urban Centre". *Transportation Research Part D* Vol. 10: 69-75.
- Lee, S., Hong, J., Kim, J., Lim, C. y Kim, K. 2008. "Exposure-Response Relationships on Community Annoyance to Transportation Noise". En *Memories 9th Congress of the International Commission on the Biological Effects of Noise - ICBEN*. editado por Griefahn, B., 587-593.
- Lercher, P., de Greve, B., Botteldooren, D. y Rüdissler, J. 2008. "A Comparison of Regional Noise-Annoyance-Curves in Alpine Areas with the European Standard Curves". En *Memories 9th Congress of the International Commission on the Biological Effects of Noise - ICBEN*., editado por: Griefahn, B., 562-570.
- Lindvall, T. y Radford, T. P. 1973. "Measurement of Annoyance due to Exposure to Environmental Factors". *Environmental Research* 6: 1-36.
- MAVDT - Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 2006. Resolución 0627 de abril 7 de 2006, Bogotá.
- Melo, A. S. y Alves, M. R. 2005. "Hearing Loss Among Workers Exposed to Road Traffic Noise in the City of São Paulo in Brazil". *Auris Nasus Larynx* 32: 17-21.
- Miedema H. M. E. y Oudshoorn, C. G. M. 2001. "Annoyance from Transportation Noise: Relationships with Exposure Metrics Dnl and Denl and Their Confidence Intervals". *Environmental Health Perspectives* 109 (4): 409-416.
- Morihara, T., Sato, T. y Yano, T. 2008. "Influence of Attitudes to Noise Sources on Annoyance". En *Memorias 9th Congress of the International Commission on the Biological Effects of Noise - ICBEN*., editado por: Griefahn, B., 679-683.

- Nguyen, T. J., Nguyen, H. Q., Yano, T., Nishimura, T., Sato, T., Morihara, T. y Hashimoto, Y. 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, T. Lindvall, D.H. Schwela. (eds.), Geneva, Guideline Document, World Health Organization.
- Paunović, K., Jakovljević, B. y Belojević, G. 2008. "The Importance of Non-Acoustical Factors on Noise of Urban Residents". En *Memories 9th Congress of the International Commission on the Biological Effects of Noise - ICBEN*, editado por: Griefahn, B. 684-687.
- Paunović, K., Belojević, G. y Jakovljević, B. 2014. "Noise Annoyance is related to the Presence of Urban Public Transport". *Science of the Total Environment* 481: 479-487.
- Paviotti, M. y Vogiatzis, K. 2012. "On the Outdoor Annoyance from Scooter and Motorbike Noise in the Urban Environment". *Science of the Total Environment* 430: 223-230.
- Phan, H. A. T., Nishimura, T., Phan, H. Y. T., Yano, T., Sato, T. y Hashimoto, Y. 2008a. "Annoyance from Road Traffic Noise with Horn Sounds: a cross-cultural experiment between vietnamese and Japanese". En *Memories 9th Congress of the International Commission on the Biological Effects of Noise - ICBEN*, editado por: Griefahn, B., 688-698.
- Phan, H. Y. T., Yano, T., Phan, H. A. T., Nishimura, T., Sato, T., Hashimoto, Y. y Lan, N. T. 2008b. "Social Surveys on Community Response to Road Traffic Noise in Hanoi and Ho Chi Minh City". En *Memories 9th Congress of the International Commission on the Biological Effects of Noise - ICBEN*, editado por: Griefahn, B., 699-706.
- Pierrette, M., Marquis-Favre, C., Morel, J., Rioux, L., Vallet, M., Viollon, S., Moch, A. 2012. "Noise Annoyance from Industrial and Road Traffic Combined Noises: A Survey and a Total Annoyance Model Comparison". *Science of the Total Environment* 32: 178-186.
- Ramírez, A. 2011. *Caracterización y Modelación Micro y Macroscópica del Ruido Vehicular en la Ciudad de Bogotá*. Tesis Doctoral Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.
- Sandoval, R. 2000. "Evaluación de la Contaminación por Ruido en la Localidad de Puente Aranda en Santa Fe de Bogotá, D.C.". En *Memorias del Seminario Técnico Administrativo del Ruido Causado por Fuentes Móviles (Tráfico rodado)*, Bogotá: DAMA - PNUD - Goethe-Institut, septiembre.
- Sheller, M. y Urry, J. 2000. "The City and the Car". *International Journal of Urban and Regional Research* 24: 737-757.
- 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.
- Viollon, S., Lavandier, C. y Drake, C. 2002. "Influence of Visual Setting on Sound Ratings in an Urban Environment". *Applied Acoustics* 63: 493-511.

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.